

TEKNILLINEN KORKEAKOULU

Automaatio- ja systeemitekniikan osasto

Antero Vuorenmäki

## **Konenäön soveltaminen klinisen kemian automaatiojärjestelmässä**

Diplomityö, joka on jätetty opinnäytteenä tarkastettavaksi diplomi-insinöörin  
tutkintoa varten Espoossa \_\_\_\_\_.\_\_\_\_.\_\_\_\_\_

Työn valvoja Professori Kari Koskinen

Työn ohjaaja Arto Gustafsson

TEKNILLINEN KORKEAKOULU Diplomityön tiivistelmä

<p>Tekijä: Antero Matias Vuorenmäki</p>	<p>Sivumäärä: 78</p>
<p>Työn nimi: Konenäön soveltaminen klinisen kemian automaatiojärjestelmässä</p> <p>Päivämäärä: 30.5.2003</p>	
<p>Osasto: Automaatio- ja systeemitekniikka</p> <p>Professuuri: Automaation tietotekniikka <i>AS - 116</i></p>	
<p>Työn valvoja: Professori Kari Koskinen</p> <p>Työn ohjaaja: DI Arto Gustafsson</p>	
<p>Tiivistelmäteksti:</p> <p>Tässä työssä etsitään ratkaisua verinäytteen määrittämiseksi konenäön avulla klinisen kemian automaatiojärjestelmässä. Alussa esitellään sairaalan laboratorion näytteenkäsittelyprosessia ja automaation soveltamista eri näytteenkäsittelyn vaiheisiin. Konenäön määrittelyä ja soveltamista tutkitaan lyhyesti. Tämän jälkeen määritellään ne ongelma-alueet, joihin konenäköä aiotaan soveltaa. Seuraavaksi analysoidaan ongelman eri osatekijöitä ja konenäkösovelluksessa huomioon otettavia seikkoja. Konenäköjärjestelmän valinnasta on kirjoitettu vain lyhyesti, mutta varsinaisen prototyyppi-järjestelmän suunnittelu on selostettu seikkaperäisemmin. Lopussa käsitellään prototyyppijärjestelmällä tehdyt kokeet ja niistä tehdyt johtopäätökset.</p>	
<p>Avainsanat: Konenäkö, klininen kemia, automaatiojärjestelmä</p>	

Helsinki University of Technology Abstract of the Master's Thesis

Author: Antero Matias Vuorenmäki	Number of pages: 78
Name of the Thesis: Applying machine vision in clinical chemistry automation system	
Date: May 30, 2003	
Department: Automation and Systems Technology Professorship: Information and Computer Systems in Automation	
Supervisor: Professor Kari Koskinen Instructor: Arto Gustafsson, M.Sc. (Tech.)	
Abstract: In this thesis we are looking for solution to detect and specify blood samples with machine vision in clinical chemistry automation system. In the beginning, thesis covers sample handling process in laboratory and how automation is applied to different sample handling tasks. Document has an overview what machine vision is and where it is applied. After that is defined those problem areas where machine vision is applied. Next problems are analyzed and facts which should be taken under consideration when planning machine vision system. Selecting the machine vision system is explained only briefly, but making the prototype system is described more detailed. In the end we focus on test results made with prototype system and conclusions.	
Keywords: Machine vision, clinical chemistry, automation system	

## ALKUSANAT

Työ alkoi hyvin ripeästi ja alku sujui mallikkaasti, välillä työssä oli suvantovaihe, mutta muiden kiireiden jälkeen projekti saatiin kuitenkin päätökseen. Työn on tehty Thermo Clinical Labsystems Oy:lle ja haluan kiittää työn aloittamisen aikaista tuotekehityspäällikköä Bill Östmania diplomityöpaikan tarjoamisesta. Haluan myös kiittää silloista automaatioprojektin vetäjää Juhani Siidorovia hyvästä diplomityöaiheesta ja nykyistä automaatioprojektin vetäjää Arto Gustafssonia hyvästä työn ohjauksesta. Kiitos myös Raimo Salmiselle työn ohjauksesta ja hyvistä kommentteista Arto Gustafssonin ollessa työmatkoilla.

Haluan kiittää työn valvojaa prof. Kari Koskista monista hyvistä vinkeistä ja ehdotuksista työn aloittamisen ja kirjoittamisen aikana.

Haluan myös kiittää Ville Saaraista prototyypijärjestelmän toteuttamiseen saadusta avusta ja kaikkia työtovereita mielenkiinnosta työtä kohtaan.

Lopuksi haluan kiittää vanhempiani Matti ja Heli Vuorenmäkeä tuesta koko opiskelujeni aikana.

Helsingissä 30.5.2003



Antero Vuorenmäki



# SISÄLLYSLUETTELO

<b>Tiivistelmä .....</b>	<b>2</b>
<b>Abstract .....</b>	<b>3</b>
<b>Alkusanat.....</b>	<b>4</b>
<b>Lyhenteet ja sanastoa .....</b>	<b>9</b>
Lyhenteet.....	9
Sanastoa.....	9
<b>1. Johdanto .....</b>	<b>13</b>
<b>2. Kliinisen kemian laboratoriot sairaaloissa.....</b>	<b>16</b>
2.1. Yleistä .....	16
2.2. Laboratorion näytteenkäsittelyprosessi .....	16
2.3. Kliinisen kemian automaatiojärjestelmä .....	17
2.3.1. TCL:n kliinisen kemian automaatiojärjestelmä.....	17
2.3.2. Miksi automatisoida kliinisen kemian laboratoriota .....	20
2.3.3. Automaation taloudelliset näkökohdat.....	21
2.3.4. Laboratorion automatisointiprosessi .....	23
2.3.5. Näytteentunnistuksen tarve automaatiassa .....	25

<b>3. Konenäkö ja sen sovellukset.....</b>	<b>26</b>
3.1. Konenäkö lyhyesti .....	26
3.2. Konenäön sovellukset yleisesti .....	27
3.3. Konenäön sovellukset kliinisen kemian laboratoriossa.....	28
<b>4. Konenäön soveltaminen kliinisen kemian automaatiossa.....</b>	<b>31</b>
4.1. Ongelma näytteenjakomoduulissa .....	31
4.2. Ongelmaan haettava ratkaisu .....	32
4.3. Ratkaisun tavoitteet.....	33
<b>5. Ongelman analyysiä.....</b>	<b>34</b>
5.1. Tunnistettavat näyteputket.....	34
5.1.1. Tavalliset näytteet.....	34
5.1.2. Viivakooditarrat ja putkitarrat.....	36
5.1.3. Plasmanäytteen hyytymät .....	37
5.1.4. Näytteen pinnassa olevat kuplat .....	38
5.1.5. Hemolyysi, ikteria ja lipemia .....	39
5.1.6. Kirkas lasiputki.....	41
5.2. Tunnistusolosuhteet .....	41
5.3. Konenäköjärjestelmälle asetetut vaatimukset .....	42
<b>6. Konenäköjärjestelmän valinta .....</b>	<b>44</b>
6.1. Lähtökohdat .....	44

6.2.	Tutkittavaksi valitut konenäköjärjestelmät.....	44
6.2.1.	Omron F400 Color Vision Sensor, Omron Electronics Oy .....	44
6.2.2.	Matrox 4Sight-II & VIP Quality Control Lite, RTS Robotics Oy..	46
6.2.3.	Baumer QualiCam QCX200c, ACS Marketing.....	47
6.3.	Lopulliset valintaperusteet.....	48
6.4.	Valitun järjestelmän ominaisuudet.....	49
<b>7.</b>	<b>Prototyyppijärjestelmä .....</b>	<b>51</b>
7.1.	Yleistä .....	51
7.2.	Valaistus .....	51
7.3.	Kameran asetukset.....	54
7.4.	Tunnistamisessa käytetyt menetelmät.....	54
7.4.1.	Putkityypin tunnistaminen .....	54
7.4.2.	Plasman ja seerumin määrän mittaaminen.....	55
7.4.3.	HIL-tunnistus.....	55
7.4.4.	Korkin värin tunnistus .....	55
7.5.	Järjestelmän liittäminen automaatioon .....	56
7.5.1.	Järjestelmän kytkennät .....	56
7.5.2.	Järjestelmän ohjelmistot .....	56
7.5.3.	Normaali tunnistussekvenssi .....	57
<b>8.</b>	<b>Käytännön kokeet prototyyppijärjestelmällä .....</b>	<b>59</b>

8.1. Putkityypin tunnistaminen .....	59
8.2. Plasman ja seerumin määrän mittaaminen.....	60
8.3. HIL-tunnistus .....	61
8.4. Korkin värin tunnistus .....	61
<b>9. Johtopäätökset .....</b>	<b>63</b>
9.1. Arvio työn onnistumisesta ja soveltuvuudesta .....	63
<b>10. Viitteet.....</b>	<b>65</b>
<b>Liite A .....</b>	<b>66</b>
<b>Liite B .....</b>	<b>71</b>
<b>Liite C .....</b>	<b>74</b>
<b>Liite D .....</b>	<b>78</b>

## Lyhenteet ja sanastoa

### Lyhenteet

ASCII	American Standard Code for Information Interchange
CCD	Charge Coupled Device
DSP	Digital Signal Processing – Digitaalinen signaalinkäsittely
HIL	Hemolyysi, ikteria, lipemia
HIS	Hospital Information System – Sairaalan tietojärjestelmä
LAS	Laboratory Automation System – Laboratorion automaatiojärjestelmä
LAS PC	TCL:n automaatiojärjestelmän moduulien suoraan ohjaamiseen tarkoitettu reaaliaikakäyttöjärjestelmällä varustettu tietokone
LIS	Laboratory Information System – Laboratorion informaatiojärjestelmä
ROI	Return on Investment
TCL	Thermo Clinical Labsystems, kliinisen kemian tuotteiden valmistaja
TCA	Thermo Clinical Automation, tuotenimi TCL:n automaatiojärjestelmälle
HYKS	Helsingin seudun yliopistollinen keskussairaala.

### Sanastoa

Alikvootti	Testinäyte, koenäyte, näytteen osa, (englanniksi aliquot)
Automaatiojärjestelmä	Automaatiojärjestelmällä viitataan vaihtelevan laajuiseen järjestelmään, joka voi sisältää

	<p>automatisoituja laitteita, laboratorion informaatiojärjestelmän (LIS) liitynnän ja näytteenkäsittelylaitteita</p>
CCD-kamera	CCD-kamera muuntaa valon sähköisiksi signaaleiksi
Hemolyysi	<p>Hemolyysi on punasolujen hajoamista, jolloin solun sisällä olevat aineet pääsevät solun ulkopuolelle. Hemolyysi näkyy siten, että seerumi- tai plasmanäytteessä on punasolujen ainesosia, jotka näkyvät näytteen eri asteisina punasävyinä, mikä haittaa näytteen analysointia mm. fotometrisissä mittauksissa</p>
HIL-tunnistus	Tunnistus, jossa havaitaan hemolyysi, ikteria ja lipemia, jotka ovat kolme verinäytteen yleisintä ongelmatyyppejä
Ikteria	<p>Ikteria on näytteen normaalia korkeampi bilirubiinipitoisuus. Bilirubiinin keltainen väri häiritsee monia fotometrisiä määrittäyksiä, koska bilirubiini absorboi näkyvää valoa varsin voimakkaasti laajalla aallonpituusalueella.</p>
Kliininen	Sairaanhoidollinen, potilaiden tutkimiseen tai hoitoon liittyvä
Kokoverinäyte	Kokoverinäyte on sentrifugoimaton verinäyte.
Konenäkö	Konenäköllä tarkoitetaan tietokonepohjaista kuvantunnistamismenetelmää
Laboratorioautomaatio	Kokonaisuus, jossa on yhdistetty pre-analyttiset, analyttiset ja post-analyttiset prosessit ja laboratorion tietojärjestelmä
Lipemia	<p>Lipemia tarkoittaa plasmanäytteen sameutta, jonka aiheuttaa veren epätavallisen suuri määrä lipideja, mikä haittaa näytteen analysointia. Veri sisältää ravinnosta peräisin olevia rasvoja, kylomikrobeja, saaden plasman näyttämään maitomaiselta</p>



Luokka	Olio-ohjelmoinnin käsite, joka yhdistää oliot, joilla on samat ominaisuudet ja jotka toteuttavat samat toiminnot
Multitube Carrier	TCL:n automaatiojärjestelmässä käytetty näyteputken kuljettamiseen tarkoitettu paletti, johon on integroitu saattomuisti
Näyteputki	Astia, joka sisältää potilasnäytteen (englanniksi Sample tube)
Plasmanäyte	Plasmanäyte on sentrifugoidun verinäytteen nesteosa, joka jää putken pohjalle pakkautuneiden verihiutaleiden ja punasolujen yläpuolelle
Post-analyttinen	Jälkianalyttinen. Näytteiden käsittelyprosessi, joka suoritetaan näytteen analysoinnin jälkeen (englanniksi post-analytic)
Putkityyppi	Eri putkivalmistajilla valmistajilla on eri käyttötarkoituksia varten ulkoisilta mitoiltaan poikkeavia putkia eri tyypisillä korkeilla
Pre-analyttinen	Näytteiden käsittelyprosessin vaihe, joka suoritetaan ennen kuin näyte analysoidaan analysaattorissa (englanniksi pre-analytical)
Primääriputki	Alkuperäinen näyteputki, joka on otettu potilaasta
Reagenssi	Näytteen analysoinnissa käytetty eri aineita sisältävä liuos, jonka tarkoituksena on saada tietty reaktio aikaan näytteessä olevan tutkittavan aineen kanssa
Räkki	Näytteiden säilyttämisen, siirtämiseen ja käsittelyä varten suunniteltu monen putken putkiteline (englanniksi rack)
Scene	Omron F400 Color Vision Sensorin ohjelman mittauskokonaisuus, jossa voi käsitellä ja mitata otettua kuvaa usealla eri tavalla

Seeruminäyte	Seeruminäyte on plasmanäytteen kaltainen sentrifugoidun verinäytteen nesteosa, josta on poistettu hyytyneet proteiinit
Sekundääriputki	Lisäputki, jonne on pipetoitu näytettä alkuperäisestä näyteputkesta
Sentrifugi	Sentrifugi on veren eri ainesosien erottelemiseen käytetty linko (englanniksi centrifuge)
STAT-näyte	STAT tulee latinan sanasta Statim, joka tarkoittaa ”välittömästi” ja sitä käytetään lääketieteellisissä yhteyksissä. STAT-näyte on näyte, joka pitää analysoida mahdollisimman nopeasti. Näytteellä on korkeampi prioriteetti kuin tavallisella näytteellä
Suorituskyky	Kliinisen kemian automaatioissa suorituskyvyllä tarkoitetaan yleensä käsiteltyjen putkien määrä tunnissa.

## 1. Johdanto

Nykyaikaisien sairaaloiden laboratorioissa on kliinisen kemian automaatiojärjestelmiä, joissa käsitellään ihmisistä otettuja verinäytteitä. Käsiteltäessä verinäytteitä automaattisesti on kriittistä huomata analysoitavaksi kelpaamaton näyte ennen kuin se ehtii analysoitavaksi. Huonon näytteen ajoissa huomaaminen säästää turhalta työltä, vähentää virheellisten analyysien riskiä ja tehostaa sairaalan laboratorion toimintaa. Myös automaation kannalta on hyödyllistä tietää näytteen ominaisuuksia ennakoon: esimerkiksi jaettaessa näytettä useampaan näytteeseen on näytteen tilavuuden tietämisestä hyötyä. Tässä työssä etsitään ratkaisua verinäytteen ominaisuuksien määrittämiseksi konenäön avulla.

Thermo Clinical Labsystems (myöhemmin lyhennettynä TCL) kehittää, valmistaa ja markkinoi täysautomaattisia kliinisen kemian analysaattoreita sekä niihin kuuluvia reagensseja ja kulutustarvikkeita sekä laboratorioautomaattioratkaisuja näyteputkien kuljetukseen ja esikäsittelyyn. Automaatiojärjestelmiä kehittää, valmistaa ja markkinoi TCL:n Thermo Clinical Automation Business -yksikkö (Thermo Clinical Automation -tuotenimi myöhemmin lyhennettynä TCA).

Näytteenjakomoduulilla (Aliquoter) jaetaan plasma- tai seeruminäyte useaksi näytteeksi, millä mahdollistetaan yhden näytteen käyttö usean eri testin ajamiseen rinnakkain eri analysaattoreissa ja saman näytteen hajauttaminen eri laboratorioihin. Tämä vähentää tarvittavien potilaasta otettujen primäärinäytteiden määrää ja testeihin kuluva aikaa, mikä säästää täten myös potilasta ja rahaa. Nykyisessä näytteenjakomoduulissa primäärinäytteen putkityyppi, jonka perusteella plasma- tai seeruminäyte pipetoidaan sekundääriputkiin, on rajattu tiettyyn ennalta määrättyyn joukkoon. Putkityypin mukaan pipetointipäätä voidaan ajaa ennalta määrättyyn syvyyteen, minkä jälkeen näytteen oletetaan olevan loppu.

Nykyisellä systeemillä haaskataan plasma- tai seeruminäytettä, koska näytteen tarkasta määrästä ei ole varmuutta ja täten ei voida kokonaan hyödyntää näytettä. Pitäisi saada systeemi, jolla pystytään määrittämään putkessa olevan plasma- tai seeruminäytteen määrä, jotta koko näyte voitaisiin hyödyntää. Samalla voitaisiin myös tunnistaa analysoitavaksi kelpaamattomat hemolyytiset, lipeemiset ja ikteeriset näytteet, joiden tunnistuksen tekee nykyään pääasiassa laboratorion henkilökunta silmämääräisesti ennen näytteen analysointia. Usein huono plasma- tai seeruminäyte huomataan vasta testeistä saatujen tulosten perusteella. Näytteen automaattiseen tunnistamiseen on myös tarvetta siksi, että yhä useammissa laboratorioissa näyte esikäsitellään automaattisesti ja näyte analysoidaan suoraan putkesta, kun taas aikaisemmin näytettä käsiteltiin monessa eri vaiheessa käsin ja samalla tutkittiin silmämääräisesti näytettä. Lisäksi näytteen analysointi tapahtui pääasiassa käsin primääriputkesta annostelluista sekundääriputkista, jolloin laboratorion työntekijä tutki samalla silmämääräisesti näytteen. Yleensä ongelmalliset näytteet huomattiin näytettä jaettaessa ja täten analysoinnissa tapahtuneet ongelmat olivat vähäisempiä.

TCL:n automaatiojärjestelmässä on jo useita eri moduuleita eri laboratorioiden työväheille, mutta näytteen tunnistamista varten ei vielä ole ollut omaa moduulia. Näytteen tunnistukseen ei ollut olemassa vielä valmiita ratkaisuja, minkä johdosta ongelman ratkaisemiseen tehtiin esiselvitys. Ennen diplomityön aloittamista oli jo kokeiltu mustavalkotekniikalla toimivaa Omron F150 - konenäköjärjestelmää putkityyppien tunnistamiseen. Ideoita sovellukseen oli saatu muun muassa pullonpalautusjärjestelmän konenäkösovelluksista. Mustavalkojärjestelmällä saadut tulokset olivat lupaavia, mutta kaikkia mahdollisuuksia ei vielä ehditty kokeilla. Konenäön käyttö nähtiin monipuolisena ja tarkoitukseen soveltuvimpana ratkaisuna. Diplomityössä tutkitaan konenäön käyttöä automaatioissa ja etsitään sopivaa soveltamistapaa TCL:n automaatiojärjestelmään.

Työn päätavoitteena on tuottaa prototyyppijärjestelmä, jolla voidaan mitata plasma- tai seeruminäytteen määrä, putken ulkomitat ja korkin väri sekä tunnistaa analysoitavaksi kelpaamattomat näytteet. Työ on kuitenkin luonteeltaan enemmän tutkimusprojekti kuin suunnitteluprojekti, eli tämän tutkimuksen

tuloksia tullaan käyttämään seuraavissa suunnitteluprojekteissa. Tutkimuksella pyritään selvittämään mitä konenäöllä voidaan tunnistaa käytännössä ja millaisia ongelmia voi tulla vastaan. Käytännössä kokeillaan olemassa olevia menetelmiä ja tutkitaan niiden soveltuvuutta.



## 2. Kliinisen kemian laboratoriot sairaaloissa

### 2.1. Yleistä

Suurissa sairaaloissa laboratorion läpi kulkee tuhansia näytteitä, joille tehdään ennen analysoimista useita erilaisia esikäsittelyitä. Laboratorioon saapuneet näytteet tunnistetaan ja lajitellaan niille tehtävien toimenpiteiden mukaan. Ennen analysointia näytteille tehdään erilaisia esitoimenpiteitä, joista kaksi yleisintä ovat näytteen linkous sentrifugissa ja korkin poisto näyteputkesta. Moni näyte myös jaetaan useampaan eri sekundääriputkeen. Näytteiden analysoimiseen käytetään analysaattoreita, joiden kapasiteetti on useita satoja mittauksia tunnissa. Näytteet syötetään analysaattorille joko manuaalisesti yksi kerrallaan tai usean näytteen koeputkitelineissä.

### 2.2. Laboratorion näytteenkäsittelyprosessi

Näytteiden käsitteleminen jaotellaan kolmeen eri päävaiheeseen ja useisiin eri työvaiheisiin alla olevan taulukon 1 mukaisesti.

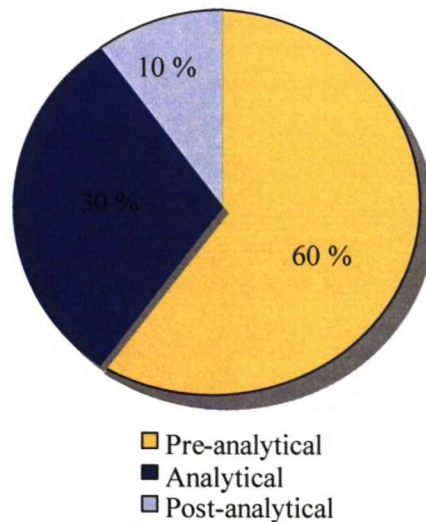
Taulukko 1: Näytteenkäsittelyprosessin vaiheet

Pre-analyyttinen	Analyyttinen	Post-analyyttinen
Vastaanotto	Analysointi	Raportointi
Rekisteröinti	Hyväksyntä	Varastointi
Lajittelu	Laadunohjaus	Hävittäminen
Sentrifugointi	Raportointi	
Korkinpoisto	Tulosten käsittely	
Näytteen jakaminen		

Pre-analyttisessä vaiheessa näytteelle tehdään kaikki ennen analysointia tehtävät toimenpiteet, joiden tarkoituksena on valmistella näyte analysointia varten. Analyttisessä vaiheessa näyte analysoidaan, saadut tulokset käsitellään ja raportoidaan eteenpäin. Post-analyttisessä vaiheessa suoritetaan näytteelle analysoinnin jälkeiset toimenpiteet. Työn pääpaino laboratoriossa on pre-analyttisissä työvaiheissa, jotka kattavat noin 60% koko työmäärästä.



Distribution of the laboratory workload



US Bancorp Piper Jaffrey 1999

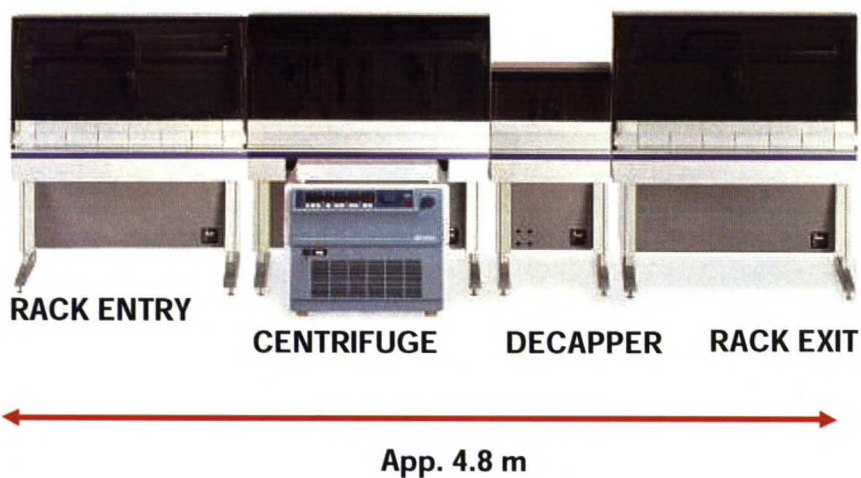
Kuva 1: Laboratorion työmäärät eri vaiheille [4].

## 2.3. Kliinisen kemian automaatiojärjestelmä

### 2.3.1. TCL:n kliinisen kemian automaatiojärjestelmä

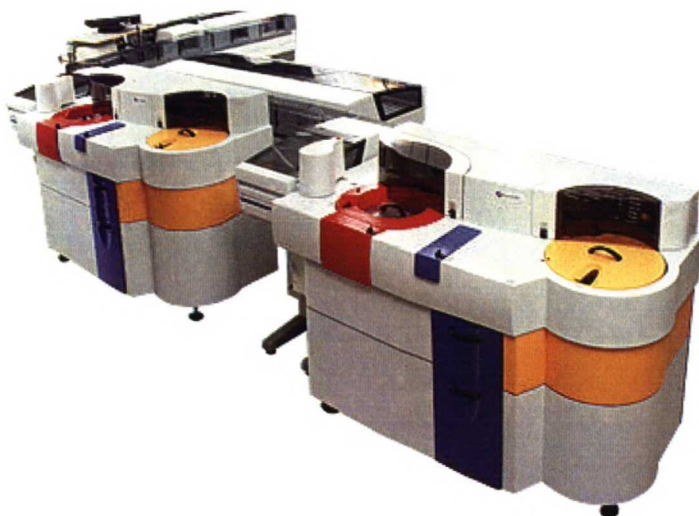
TCL:n automaatiojärjestelmän tarkoituksena on automatisoida kliinisen kemian näytteenkäsittelyprosessi. Se tarjoaa eri työvaiheille useita eri moduuleita, jotka automatisoivat tietyn näytteenkäsittelyn työvaiheen, jotka voivat olla pre- tai post-analyttisiä tai liittävät erialaisia analysaattoreita suoraan automaatiojärjestelmään. Yhdistelemällä eri moduuleita voidaan saavuttaa tarvittava automatisoinnin taso ja kapasiteetti.

Tyypillinen pre-analyttinen automaatiojärjestelmä koostuu näytteiden syöttömoduulista, sentrifugi-moduulista, korkinpoistomodulaalista ja poistomodulaalista.



Kuva 2: Tyypillinen pre-analyttinen automaatiojärjestelmä [4].

Workcell-tyyppinen automaatiojärjestelmä koostuu yleensä näytteiden syöttömoduulista, analysaattoriliitännöistä, puskurimoduulista, tarkistusmoduulista ja poistomoduulista. Workcell yhdistää TCL:n automaatiojärjestelmän ja TCL:n Konelab-analysaattorit yhteisen käyttöliittymän alle.



Kuva 3: Workcell-tyyppinen automaatiojärjestelmä, jossa useita analysaattoriliitentyjä [4].

Täysautomatisoidussa kliinisen kemian automaatiolinjassa on yhdistetty pre-analyttisiä, analyttisiä ja post-analyttisiä toimintoja. Hyvänä esimerkkinä toimii HYKS:n automaatiolinja, jossa tehdään pre-analyttisessä vaiheessa sentrifugointi, korkinpoisto ja näytteen jakaminen. Analysaattori liityntöjä on kahden eri tyyppisiin analysaattoreihin ja osa näytteistä lajitellaan vielä eri tyyppisen analysaattorin putkitelineisiin. Analysoidut näytteet sijoitetaan lopuksi varastoputkitelineeseen (Storage rack), josta niitä on tarvittaessa helppo hakea automaation ohjelmistokäyttöliittymän avulla. Käyttöliittymästä näkee myös näytteen koko historian automaatiojärjestelmässä. TCL:n esittelyautomaatiolaboratorion pohjapiirros liitteessä D, mikä toimii hyvänä esimerkkinä pienestä automaatiojärjestelmästä.

TCL:n automaatiomodulit lyhyesti:

Entry	Näytteiden manuaalinen syöttö radalle
Rack Entry	Näytteiden automaattinen syöttö putkitelineistä radalle
Combined Rack Entry / Exit	Näytteiden automaattinen syöttö putkitelineistä radalle ja näytteiden automaattinen lastaaminen radalta putkitelineisiin
Exit	Näytteiden manuaalinen lastaaminen radalta putkitelineisiin
Rack Exit	Näytteiden automaattinen lastaaminen radalta putkitelineisiin
Centrifuge	Automaattinen näytteiden lastaaminen multitube carrierista sentrifugin putkitelineeseen, joka siirretään automaattisesti sentrifugiin lingottavaksi. Linkoamisen jälkeinen näytteiden automaattinen lastaaminen radalle.
Decapper	Korkin poistaminen näyteputkesta
Aliquoter / Labeller	Näytteen jakaminen ja näyteputkien tarroittaminen
Check	Virhe-statusella merkittyjen näytteiden kerääminen radalta

Buffer	Näytteiden ja/tai tyhjien näytepalettien välivarasto
Bypass	Liityntärajapinta analysaattoriin
Conveyor	Näytteiden kuljetin, jolla näyte siirretään moduulilta toiselle
Multitube Carrier	Näyteputken kuljettamiseen valmistettu paletti, johon on integroitu saattomuisti.
TCA Controller	Automaatiojärjestelmän käyttöliittymä, moduulien ohjaus sekä liityntä laboratorion tietojärjestelmään (LIS).

Liitteessä A Aliquoter-, Centrifuge-, Decapper-, ja Bypass-moduulien tarkemmat spesifikaatiot.

### **2.3.2. Miksi automatisoida klinisen kemian laboratoriota**

Nykyiset isot klinisen kemian laboratoriot käsittelevät päivittäin tuhansia näytteitä ja tarvitsevat suuren joukon henkilökuntaa. Automaation avulla haetaan mm. seuraavia asioita:

- Tehokkuuden parantaminen: nopeampi näytteenkäsittely
- Potilaan säästäminen: vähemmän näytteitä ja lyhyempi odotusaika
- Kustannusten vähentäminen: vähemmän henkilökuntaa
- Palvelun laadun parantaminen: paremmat tulokset nopeammin ja halvemmalla
- Turvallisempi työympäristö: vähemmän käsikosketuksia mahdollisesti vaarallisiin näyteputkiin
- Näytteiden siirtelemisen vähentäminen: näytteitä ei enää tarvitse siirtää käsin työvaiheelta toiselle
- Yksinkertaisten työvaiheiden vähentäminen: näytteiden lajittelu automaattisesti.

Automaatiojärjestelmä kiinnostaa eri syistä useita sidosryhmiä:

- Laboratorion henkilökuntaa kiinnostaa
  - o Työympäristö
  - o Muuttuva työn kuva
  - o Työturvallisuus



- Sairaalan / Laboratorion hallinto ja sairaalan johtokuntaa kiinnostaa:
  - o Taloudelliset näkökohdat
  - o Tuottavuus
  - o Kuluvähennykset.
- Laboratorion lääkäreitä kiinnostaa:
  - o Näytteenkäsittelyprosessi
  - o Parempi tietovirta.

Kiinnostuksen syyt ovat laboratorion henkilökunnan ja sairaalan johdon puolelta osaksi ristiriitaisia. Automaation avulla henkilöstön tarve näytteenkäsittelyssä vähenee ja työn jatkumisesta ollaan huolissaan, mutta toisaalta automaation käyttö vähentää työtehtävissä olevien tartuntariskien mahdollisuutta. Usein laboratorion automatisointi lisää tarvittavan henkilökunnan määrää, koska käsiteltävien näytteiden määrä moninkertaistuu toimintojen keskittämisen ansiosta. Laboratorion lääkäreitä kiinnostavat näytteenkäsittelyprosessin luotettavuuden ja tehokkuuden parantuminen sekä tietojen parempi liikkuvuus. Sairaalan johtoa kiinnostaa eniten taloudelliset näkökohdat.

### **2.3.3. Automaation taloudelliset näkökohdat**

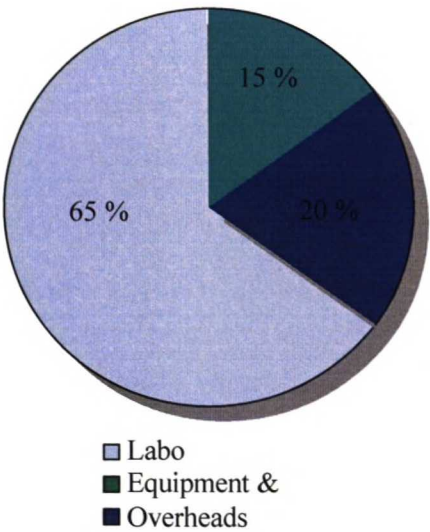
Laboratorion automaatiojärjestelmä on iso investointi ja siinä tulee ottaa huomioon:

- Takaisinmaksuaika
- Tuottavuus: raportoituja testejä päivässä tai tunnissa.
- ROI eli investoinnin hyöty rahassa.
- Automaation tarjoama lisäarvo:
  - o vähentää prosessissa tapahtuvia virheitä
  - o parempi normaalinäytteen käsittely
  - o parempi STAT-näytteiden käsittely
  - o turvallisuus
  - o seuranta ja jäljitettävyyys
  - o enemmän testejä

Laboratoriokustannukset koostuvat pääosin työvoimakustannuksista (65%), seuraavana tulevat yleiskustannukset (20%) ja laitteisto- ja reagenssikustannukset vievät loput (15%), kuten kuvasta 4 hyvin huomataan. Luvut ovat poimittu markkinointimateriaalista ja ne ovat suuntaa-antavia.

Automaation käytöllä voidaan vähentää henkilöstön tarvetta tai siirtää työvoimaa muihin tärkeämpiin tehtäviin.

Split of laboratory expenses

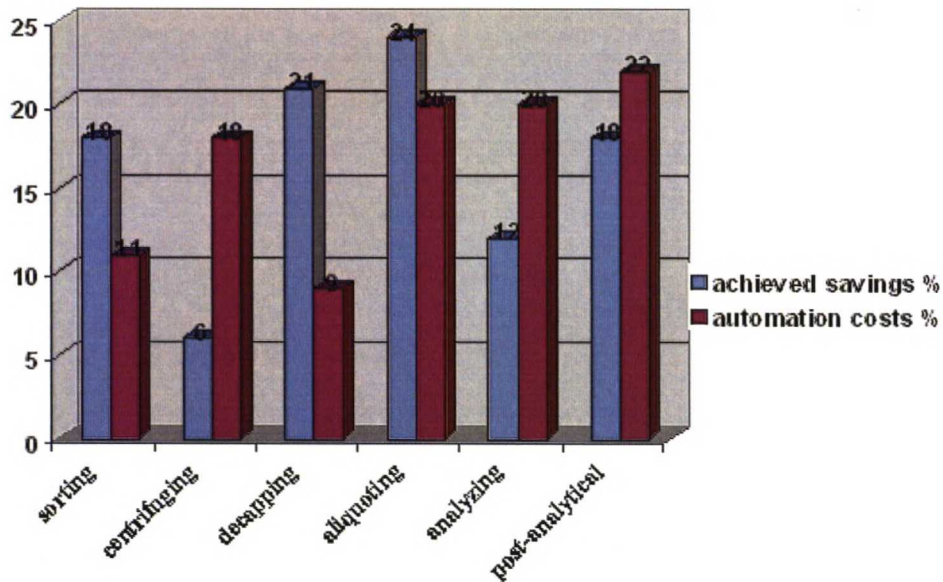


US Bancorp Piper Jaffrey 1999

Kuva 4: Pääosa laboratorion aiheuttamista kustannuksista on henkilöstökuluja [4].

Seuraavassa diagrammissa (kuva 5) esitellään keskimääräisiä automaation kustannuksia verrattuna saatuihin säästöihin eri työvaiheissa. Diagrammista näkee, ettei yksittäisen työvaiheen automatisointi välttämättä ole halvempi ratkaisu verrattuna henkilötöön käyttöön. Automaation taloudelliset hyödyt tulevatkin parhaiten esille, kun automaatiossa suoritetaan useita eri yksittäisiä tehtäviä, eikä aikaa mene hukkaan näytteiden turhaan kuljettamiseen ja väliavarastointiin [4].





Kuva 5: Automaatiolla saavutetut säästöt verrattuna siitä aiheutuviin kuluihin [4].

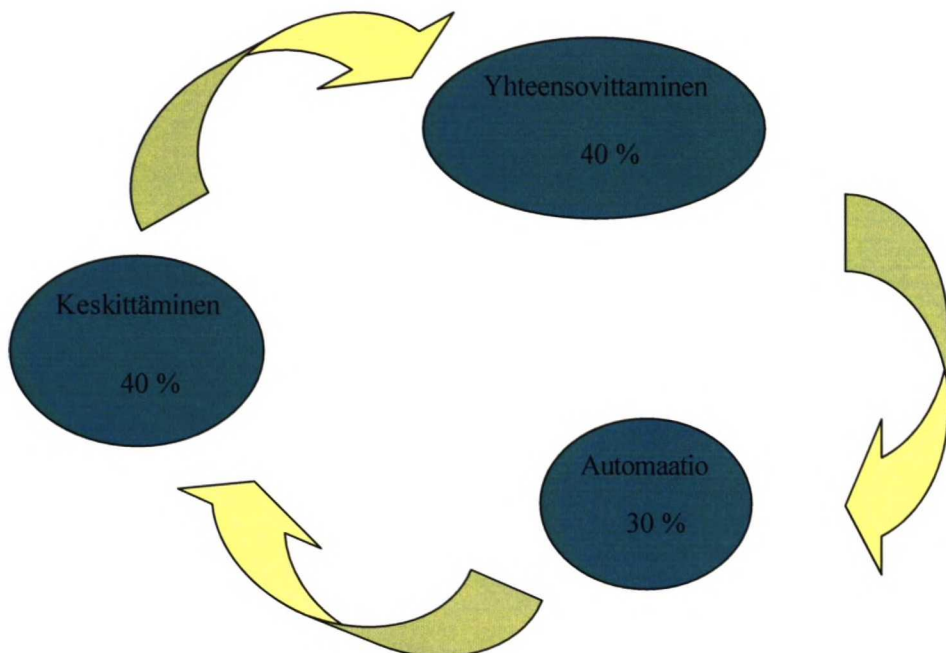
Kuvassa 5 on eriteltyä pre-analyttinen näytteenkäsittelyvaihe neljään eniten resursseja vieviin päätehtäviin: lajitteluun (sorting), sentrifugointiin (centrifuging), korkinpoistoon, (decapping) ja näytteen jakamiseen (aliquoting). Analysointivaiheessa suurin työtehtävä on näytteen syöttäminen analysaattorille ja post-analyttisessä vaiheessa näytteen varastointi tai hävitys.

#### 2.3.4. Laboratorion automatisointiprosessi

Laboratorion automatisoinnin yhteydessä täytyy miettiä eri työtehtävien yhteensovittamista ja keskittämistä automaatiojärjestelmään. Esimerkiksi Helsingin yliopistollisen keskussairaalan (HYKS) näytteiden vastaanotossa käsitellään koko Helsingin alueen verinäytteet keskitetysti. Tiedot näytteistä tulevat eri yksioilta LIS-tietojärjestelmän kautta etukäteen TCA Controllerille ja näytteiden saapuessa vastaanottoon, voidaan näytteet syöttää suoraan radalle, jossa näytteiden tunnistus tehdään automaattisesti. Automaation kannalta on helpompaa, jos asioita tehdään mahdollisimman yhdenmukaisesti, esimerkiksi HYKS:ssä automaatiojärjestelmässä käytetään vain yhtä putkityyppiä ja kuljetusauton mukana tai sairaalan sisäisen putkipostin kautta paikalle toimitetut

putkitelineet sopivat suoraan automaation syöttömoduulin vetolaatikkoon (RackEntry).

Kun laboratorio automatisoidaan, joudutaan eri näytteenkäsittelyprosessin osat suunnittelemaan uudestaan. Samalla saavutetaan parempi kuva kokonaisprosessista ja pystytään tehostamaan myös automaatiojärjestelmän ulkopuolisia toimintoja. Jotta automatisoinnista saataisiin kaikki hyöty irti, täytyy toimintoja keskittää automatisoituun laboratorioon ja yhteensovittaa toimintatapoja eri yksiköiden välillä. Hyviä esimerkkejä yhteensovittamista ovat juuri yhdenmukaiseen putkityyppiin siirtyminen, automaatioon sopivien putkitelineiden käyttäminen ja putkitarrojen yhdenmukaistaminen. Yhteensovittamista täytyy tehdä myös hallinnollisella tasolla ja tiedonvälittämisessä, esimerkiksi liittämällä kaikki potilasnäytteiden ottopisteet laboratorion tietojärjestelmään. Käytännön automatisointiprojekteista on saatu määriteltyä, että automatisointiprosessissa itse automaation valmistelemiseen menee vain noin 30%, yhteensovittamiseen noin 40% ja keskittämiseen 40% prosessiin vaadittavista työpanoksista [4].



Kuva 6: Automatisointiprosessi ei ole pelkkää automaation rakentamista [4].

### 2.3.5. Näytteentunnistuksen tarve automaatiossa

Jos näytteen määrä pystytään tunnistamaan ennen näytteen jakamista, näytteenjakomoduuli pystyy käyttämään primäärinäytteen tehokkaammin hyödyksi. Mitä useampaan osaan näyte voidaan jakaa, sitä paremmat mahdollisuudet on analysoida näytteestä kaikki tarvittavat testit rinnakkain eri analysaattoreissa ja sitä vähemmän tarvitsee potilaasta ottaa näytettä.

Mikäli analysoitavaksi kelpaamattomat hemolyyttiset, lipeemiset ja ikteeriset näytteet voidaan tunnistaa jo hyvin varhaisessa vaiheessa näytteenkäsittelyprosessia, säästetään turhia työvaiheita ja vältetään mahdolliset ongelmatilanteet. Varhaisella ongelman tunnistamisella lyhennetään potilaan odottamisaikaa, koska pyyntö uudesta näytteestä voidaan toimittaa nopeasti eteenpäin. Tieto ongelmallisesta näytteestä voi herättää sairaalan henkilökunnan tutkimaan myös potilaan tilaa tarkemmin. Näytteen tunnistus vähentäisi huomattavasti analysoinnissa tapahtuvien ongelmien lukumäärää ja täten vähentäisi laboratorion henkilökunnan ylimääräistä työtä ja siitä aiheutuvia kuluja.

Automaatiojärjestelmän sisällä putkityyppitietoa käytetään mm. esiteltäessä putki liityntämoduulissa analysaattorille ja näytteenjakomoduulissa pipettirobotin ajamisessa. Normaalisti automaatiojärjestelmään voi syöttää vain ennakkoon määrättyjä putkityyppejä, mutta konenäön avulla putkityyppi voidaan tunnistaa automaatiojärjestelmässä ilman ennaltamääräämistä. Putkityypin mukaan voidaan myös reitittää näytteet tietylle putkityypille säädetylle moduulille, jos kyseinen moduulityyppi ei voi käsitellä monenlaisia putkityyppejä samoilla säädöillä.

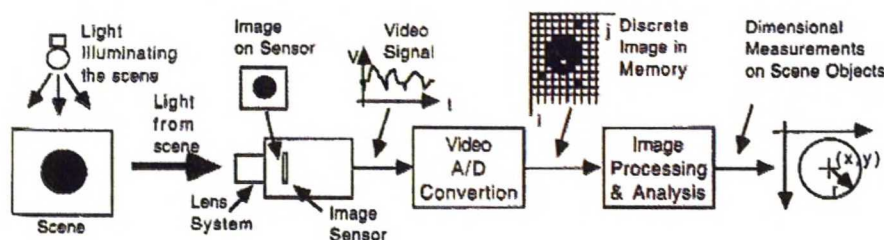
Korkin värillä kerrotaan yleensä näytteen tyyppi, josta selviää millainen esikäsittely näytteelle on tehty ja mitä testejä sille voidaan tehdä. Korkin värin perusteella voidaan saman potilaan eri tavalla käsitellyt näytteet ohjata suoraan oikealle analysaattorille tai lajitella valmiiksi putkitelineisiin jatkokäsittelyä varten. Korkin väriä ei voi ainakaan tällä hetkellä määritellä ennakkoon, joten tunnistus voitaisiin tehdä konenäön avulla.



### 3. Konenäkö ja sen sovellukset

#### 3.1. Konenäkö lyhyesti

Konenäöllä tarkoitetaan tietokonepohjaista kuvantunnistamismenetelmää, jolla mahdollistetaan kuvahavaintojen automaattinen käyttö tietokoneessa. Konenäkö pyrkii toistamaan ihmisen näkökyvyn havaitsemalla ja tulkitsemalla kuvan elektronisesti. Kuvan tulkitsemista haittaa se, että suurin osa nykyisistä kuvankaappausmenetelmistä tallettaa kuvaa vain kaksiulotteisesti kolmiulotteisen sijaan. Myös liikkuvat kohteet ja tai liikkuva kamera aiheuttavat ongelmia nykyisillä kuvantulkittamismenetelmillä [6]. Em. syiden vuoksi nykyiset tavalliset konenäköjärjestelmät vaativat ennakolta rajatut kuvaolosuhteet ja tietyissä paikoissa tapahtuvan tunnistuksen.



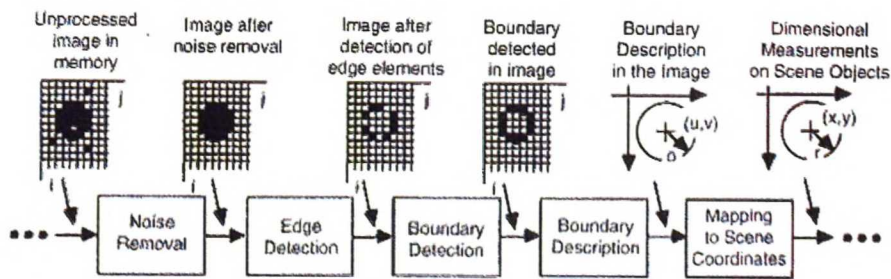
Kuva 7: Esimerkki kuvantunnistusprosessista [3].

Konenäköjärjestelmä koostuu yleensä yhdestä tai useammasta kamerasta, kuvankaappauskortista, valaistuksesta ja älykkäästä kuvantunnistusohjelmistosta. Nykyään kameroina käytetään yleensä CCD-kameroita, jotka muuntavat kuvan suoraan sähköiseen muotoon. CCD-kamerassa käytetyn CCD-valokennon etuna on pieni koko ja vähäinen virrankulutus. Kameralta saatu signaali käsitellään DSP:n avulla suoraan haluttuun muotoon, niin että kuva saadaan sopivassa muodossa tietokoneelle tai prosessorin sisältävälle laitteelle. Usein sulautetun järjestelmän DSP:llä hoidetaan myös kuvasta tehtävät mittaukset. Kuvantunnistusohjelmisto ohjaa tunnistuksessa käytettyjä komponentteja, käsittelee saatua kuvainformaatiota, mittaa ja laskee tarvittavat tiedot ja välittää saadut tulokset eteenpäin.

### 3.2. Konenäön sovellukset yleisesti

Tyypillisesti konenäköä hyödynnetään prosessin ja robotin ohjauksessa sekä laadunvalvonnassa. Konenäön sovellukset ovat kiinni lähinnä mielikuvituksesta ja laitteiston laskentakapasiteetista. Konenäköä sovelletaan esimerkiksi hitsausrobotin railonseurantaan, erilaisten tuotteiden pakkaamisessa ja lajittelussa sekä tukkien ja sahatavaran mittaamisessa sahoilla.

Tuotantoautomaatiossa konenäköä käytetään kappaleen olemassa olon / puuttumisen tunnistamiseen, kappaleen paikan and orientaation määrittämiseen, kappaleen tunnistamiseen, laadun tarkkailuun, tarkkoihin kaksiulotteisiin tai kolmiulotteisiin mittauksiin, robotin tai jonkin muun laitteen ohjaukseen ja prosessin ohjaukseen [3].



Kuva 8: Esimerkki konenäön mittausprosessista [3].

Arvioiden mukaan konenäköä käytetään vasta 10 %:ssa sille sopivista kohteista. Vaikka konenäkösovelluksia on käytetty jo varsin kauan, niin sen mahdollisuudet ovat yhä varsin huonosti tunnettuja. Suurin osa konenäön käyttökohteista on ja tulee jatkossakin olemaan teollisuudessa tapahtuvaa laadunvalvontaa ja tuotantoprosessien ohjausta. Konenäkö tulee nähdä osana tuotantoprosessin ohjausta ja laadunvalvontaa, jolloin se sulautuu luontevaksi osaksi prosessinohjausjärjestelmää [10].

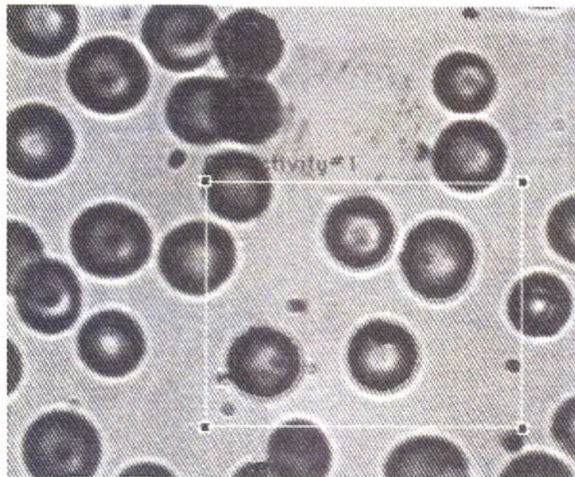
Konenäköjärjestelmää suunniteltaessa on otettava huomioon asiakkaan tarpeet ja rajata toiminta- ja tarkkuusvaatimukset. Käytettävä laitteisto tulee valita ja määritellä sovellukseen sopivaksi. Käytettävät kuvantunnistusalgoritmit tulee valita sovelluksen kannalta sopiviksi niin, että riittävä tarkkuus varmuus voidaan taata [7].

### 3.3. Konenäön sovellukset klinisen kemian laboratoriossa

Kliinisen kemian laboratorioita on automatisoitu viime vuosina kustannusten vähentämiseksi, laadun parantamiseksi ja laboratoriotestien tehokkuuden parantamiseksi. Robotilla toimivaa näytteenkäsittelyä käytetään parantamaan laboratorion suorituskykyä ja vähentämään henkilökunnan tartuntariskiä. Koska automaatiota käytetään yhä enemmän, on konenäölle tullut uusia käyttökohteita myös klinisen kemian laboratorioissa. Sovelluskohteet vaihtelevat näytteen tunnistuksesta ja tarkistuksesta automatisoitujen laitteiden takaisinkytkentään [3].

Kliinisen kemian laboratoriossa konenäköä on käytetty mm. automatisoidussa laboratoriolaitteilla tehdyssä yhdisteiden seulonnassa, hajoamistesteissä, prosessin seurannassa ja validoinnissa sekä bakteerien lajittelussa [3].

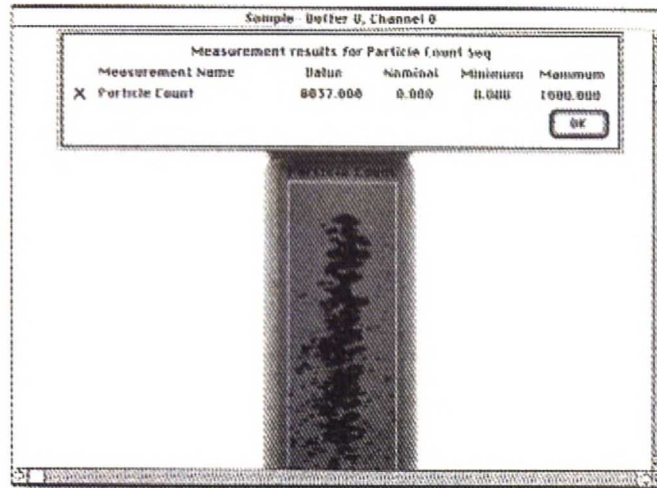
Yhtenä sovelluksena on punasolujen laskenta, jossa lasketaan konenäköä apuna käyttäen punasolujen määrä käsitellyssä verinäytteessä. Konenäön avulla voidaan mitata useampia näytteitä samassa ajassa, kuin mitä ihmisen näköä käyttäen voidaan tehdä manuaalisesti.



Kuva 9: Punasolujen määrän laskenta [3].

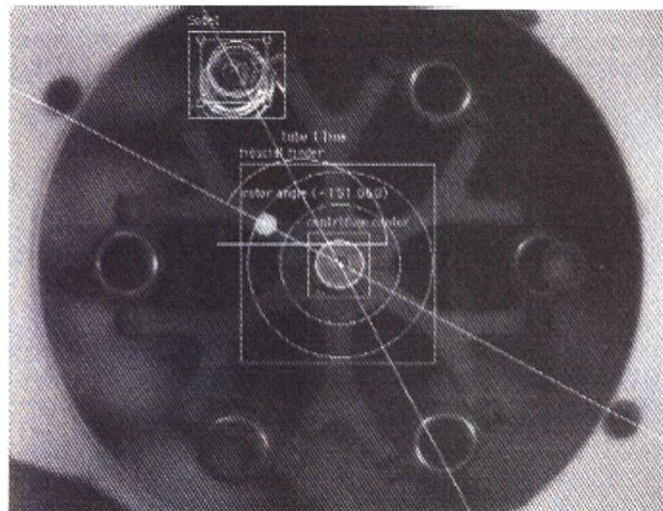


Edellisen kaltainen sovellus on partikkelien määrän mittaaminen prosessin ollessa käynnissä. Konenäön avulla saadaan kerättyä tietoa prosessin edistymisestä, kuten partikkeleiden määrä tietyllä ajanhetkellä.



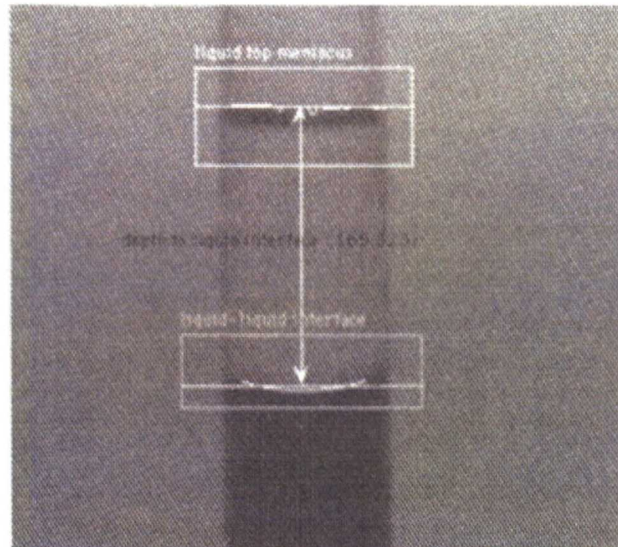
Kuva 10: Partikkeleiden laskenta prosessin seurannassa [3].

Hyvänä esimerkkinä robotin takaisinkytkentää käyttävästä sovelluksesta on sentrifugin roottorin asennon tunnistus ja putkien läsnäolon tunnistaminen sentrifugissa. Kuvassa 11 pieni sentrifugi kuvattuna ylhäältäpäin. Robotti saa konenäöltä putkien paikkatiedot ja käyttää niitä hakiessaan putkia sentrifugista.



Kuva 11: Putken tunnistaminen sentrifugissa [3].

Yksi mielenkiintoisin löytynyt sovellusesimerkki työn kannalta oli nestekerroksen korkeuden mittaaminen, mitä käytettiin ko. nestekerroksen tilavuuden laskemiseen (kuva 12). Esimerkistä ei selvinnyt mihin tilavuustietoa käytettiin, mutta sitä voisi käyttää apuna esimerkiksi näytteen jakamisessa. Sovelluksessa käytetään usein konenäkösovelluksissa käytettyä reunan haku -menetelmää nestekerroksen korkeuden määrittämiseen.



Kuva 12: Nestekerroksen mittaus [3].

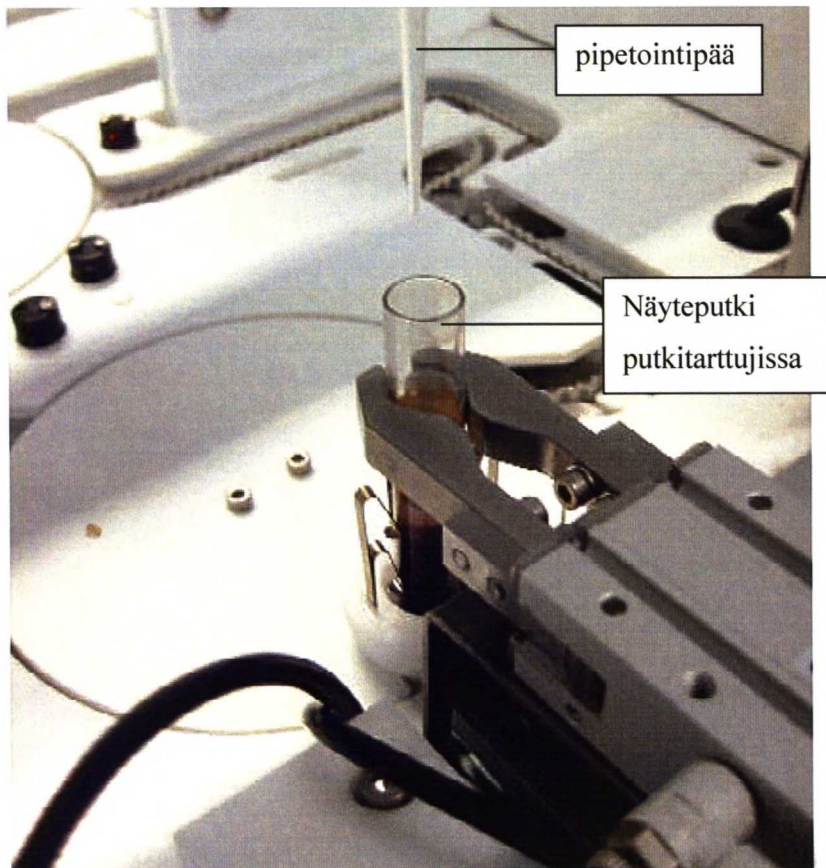
## **4. Konenäön soveltaminen klinisen kemian automaatiassa**

### **4.1. Ongelma näytteenjakomoduulissa**

Näytteenjakomoduulilla (Aliquoter) jaetaan plasma- tai seeruminäyte useaksi näytteeksi, millä mahdollistetaan yhden näytteen käyttö usean eri testin ajamiseen rinnakkain eri analysaattoreissa ja saman näytteen hajauttaminen eri laboratorioihin. Tämä vähentää tarvittavien näytteiden määrää ja testeihin yhteensä kuluva aikaa, mikä säästää täten myös potilasta ja rahaa. Usein pieni osa näytteestä varastoidaan pitempiaikaiseen näytevarastoon, josta näyte voidaan hakea tutkittavaksi pitkänkin ajan kuluttua. Kuvassa 13 pipetointipää primääriputken yläpuolella.

Nykyisessä näytteenjakomoduulissa primäärinäytteen putkityyppi, jonka perusteella plasma- tai seeruminäyte pipetoidaan sekundääriputkiin, on rajattu tiettyyn ennalta määrättyyn joukkoon. Putkityypin mukaan pipetointipäätä voidaan ajaa ennalta määrättyyn syvyyteen, minkä jälkeen näytteen oletetaan olevan loppu. Nykyisellä systeemillä haaskataan näytettä, koska näytteen tarkasta määrästä ei ole varmuutta ja täten ei voida kokonaan hyödyntää näytettä. Ongelmia tulee myös, jos näyte on hieman tavallista vajaampi tai näytteestä yritetään annostella enemmän kuin siinä on plasmaa tai seerumia. Tällöin on mahdollista, että pipettipää ajetaan geeliin asti ja pipetti tukkeutuu, minkä jälkeen viimeinen pipetointi epäonnistuu ja kaikki sekundääriputket joudutaan lähettämään virhestatuksella tarkistusmoduuliin (Check). Kappaleessa 5.1.1 kuvassa 14 on esitetty plasmanäytteen kerrostuminen. Pipetti tukkeutuu myös, jos pipetti imee näytteessä geelin pinnalla olevaa hyytymää, josta on hyvä kuva kappaleessa 5.1.3 kuvassa 18.





Kuva 13: Näytteenjakomodulin pipetointipää ottamassa näytettä

TCL:n automaatiojärjestelmissä on jo useita eri moduuleita eri laboratorioiden työvaiheille, mutta näytteen tunnistamista varten ei vielä ole ollut omaa moduulia. Näytteen tunnistukseen ei ollut olemassa vielä valmiita ratkaisuja, minkä johdosta ongelman ratkaisemiseen tehtiin esiselvitys. Konenäön käyttö nähtiin monipuolisena ja tarkoitukseen soveltuvimpana ratkaisuna. Tässä työssä siis tutkitaan konenäön käyttöä automaatioissa ja etsitään sopivaa soveltamistapaa TCL:n automaatiojärjestelmään.

#### 4.2. Ongelmaan haettava ratkaisu

Pitäisi saada systeemi, jolla pystytään määrittämään putkessa olevan näytteen määrä, jotta koko näyte voitaisiin hyödyntää näytteen monistamisessa. Samalla voitaisiin myös tunnistaa hemolyttiset, lipeemiset ja ikteeriset näytteet. Koska ongelman ratkaisu vaatii todennäköisesti konenäön käyttöä, tutkitaan samalla

konenäön soveltamista näytteen muidenkin tietojen, kuten viivakoodin, korkin värin ja putkityypin tunnistamiseen.

#### 4.3. Ratkaisun tavoitteet

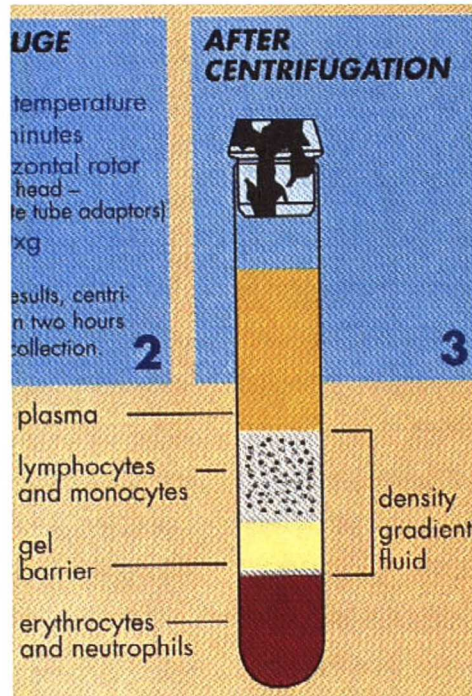
Ensimmäisenä tavoitteena on plasma- tai seeruminäytteen määrän tunnistus. Määrä tulee tunnistaa riittävällä tarkkuudella, esimerkiksi jos määrä lasketaan nesteosan korkeuden ja putkityypin mukaan, korkeus tulee tunnistaa noin 1mm tarkkuudella. Toisena selvänä tavoitteena on ongelmallisten näytteiden, kuten hemolyyttisten, lipeemisten ja ikteeristen näytteiden tunnistus. Putkityyppi ja korkin väri ovat tärkeitä tietoja, joiden avulla moduulien toimintaa voidaan tehostaa, minkä vuoksi myös ne yritetään tunnistaa konenäön avulla.

## 5. Ongelman analyysiä

### 5.1. Tunnistettavat näyteputket

#### 5.1.1. Tavalliset näytteet

Normaali plasmanäyte kerrostuu setrifuugauksen eli linkouksen jälkeen siten, että verihiutaleet pakkaantuvat putken pohjalle geelin alle, verihiutaleet ja plasman erottava geeli on toisena, geelin päällä voi olla jonkin verran hyytyneitä proteiineja ja viimeisenä kerroksena on itse plasma.

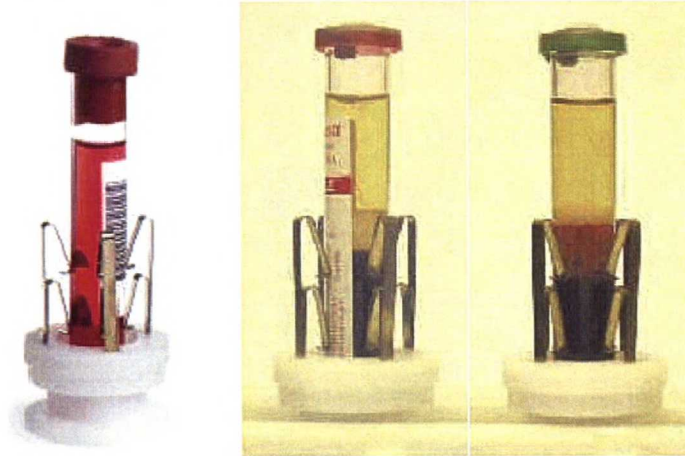


Kuva 14: Normaali plasmanäytteen kerrostuminen [2].

Seeruminäytteessä ei ole enää hyytyneitä proteiineja, mutta muuten se on edellä kuvatun plasmanäytteen kaltainen. Seeruminäytteitä ei kuitenkaan käytetä enää nykyään niin paljoa kuin ennemmin johtuen siitä, että verinäytettä joudutaan seisottamaan noin puoli tuntia välivarastossa ennen sentrifugointia. Plasmanäyte on heti valmis sentrifugoitavaksi ja siksi sen käyttöä suositetaan yhä enemmän.



Tunnistettava näyte on jossain ennalta määrätyistä koeputkityypeistä ja putki on monille eri putkityypeille sopivassa paletissa (TCA Multitube Carrier) (kuva 15). Koeputkessa on yleensä koeputkivalmistajan etiketti ja näytteen tunnistamiseen käytetty viivakooditarra. Putken materiaali on joko kirkasta lasia, kirkasta muovia tai sameaa muovia. Joissain muoviputkissa on myös maalattuja korkeusmerkintöjä.

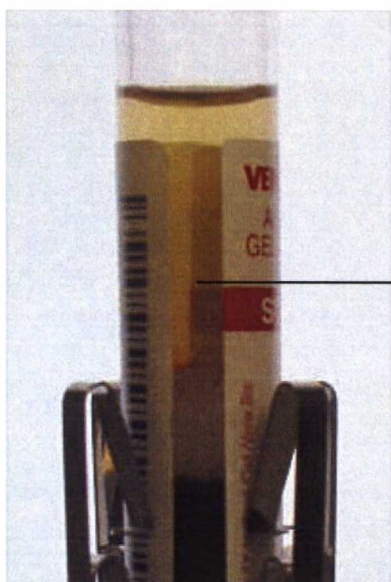


Kuva 15: Monille eri putkityypeille sopivia paletteja (TCA Multitube Carrier), joissa mukana kuvissa vasemmalta oikealle ensin väriliuosputki, seerumiputki ja lopuksi plasmaputki.

Koska putki voi olla kuvaustilanteessa pystyakselin suhteen kiertynyt mihin asentoon tahansa, voivat eri tarrat peittää suurimman osan tai jopa kokonaan näkymän putken sisälle. Tunnistuspaikalle on kuitenkin mahdollista asentaa putkenpyöritin, jonka avulla putkea voidaan pyörittää haluttu matka, minkä jälkeen voidaan ottaa uusi kuva. Näytteeseen tulee kuitenkin olla vähintään muutaman millin esimerkiksi 3mm levyinen suora näkymä, jotta varmoja mittauksia voidaan tehdä. Putkesta voidaan ottaa enimmillään 4-5 kuvaa riippuen siitä, kuinka putken pyöritys on säädetty. Yli viiden kuvan ottaminen alkaa olemaan liian pitkä käsittelyaika verrattuna muiden automaatiomodulien käsittelyaikoihin. Käytännössä olisi hyvä, jos tunnistaminen pystytään tekemään alle kuudessa sekunnissa ja viiden kuvan ottaminen, käsittely ja putken pyörittäminen vievät arviolta 6 sekuntia riippuen konenäköjärjestelmän nopeudesta.

### 5.1.2. Viivakooditarrat ja putkitarrat

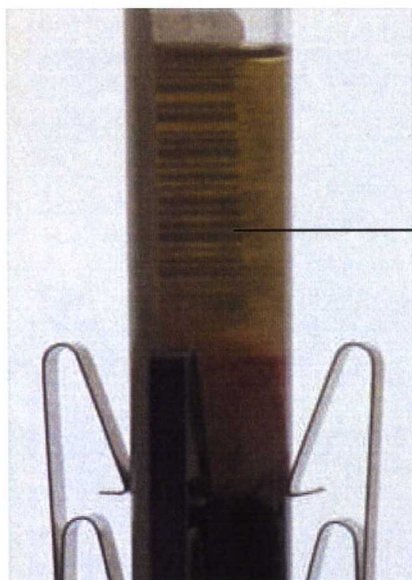
Näyteputken päällä on tyypillisesti putkivalmistajan tarra, jossa kerrotaan käytön kannalta oleellisista putken ominaisuuksista, ja viivakooditarra näytteen identifioimiseksi. Joskus laboratoriot joutuvat tekemään sairaalan ulkopuolelta tulleille näytteille oman viivakooditarran olemassa olevan päälle ja tällöin putkessa on kolme tarraa päällekkäin ja lomittain. Tällöin putkityypin tunnistamisessa käytetyn taustavalon käytöstä on enemmän haittaa kuin hyötyä, kun päällekkäiset tarrat tummentavat plasman tai seerumin näkyvyyden. Valaistusta käsitellään tarkemmin kappaleessa 7.1. Päällekkäisten tarrojen vaikutusta kuvaan on esitetty kuvassa 16. Tarran pinnalla olevat kuviot ja värit voivat myös häiritä näytteen tunnistusta sopivasti kohdalle osuessaan.



Putkessa olevien tarrojen  
päällekkäinen asettelu näkyy  
värin tummuuden vaihteluina

Kuva 16: Lähikuva useiden eri tarrojen näkymisestä käytettäessä pelkkää taustavaloa.

Myös tarran pinnassa oleva viivakoodi, kuvioinnit ja teksti näkyvät helposti tarran läpi ja voivat hankaloittaa plasma- / seerumikerroksen mittaamista.

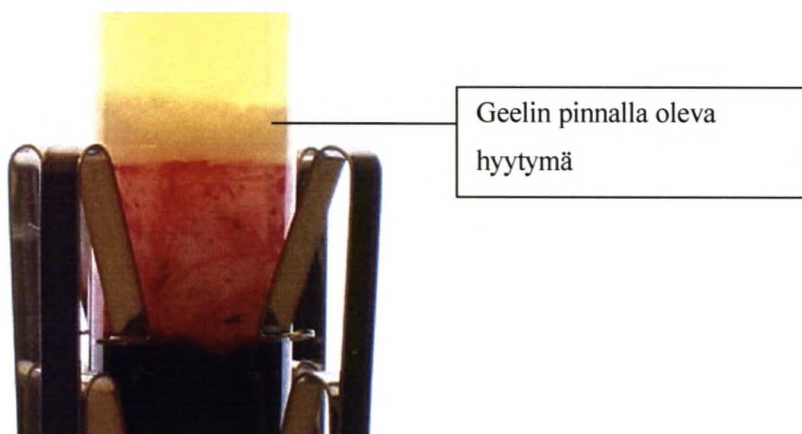


Läpinäkyvä viivakoodi  
häiritsee plasman / seerumin  
määrän mittaamista

Kuva 17: Lähikuva viivakoodin läpinäkyvyydestä taustavaloa käytettäessä.

### 5.1.3. Plasmanäytteen hyytymät

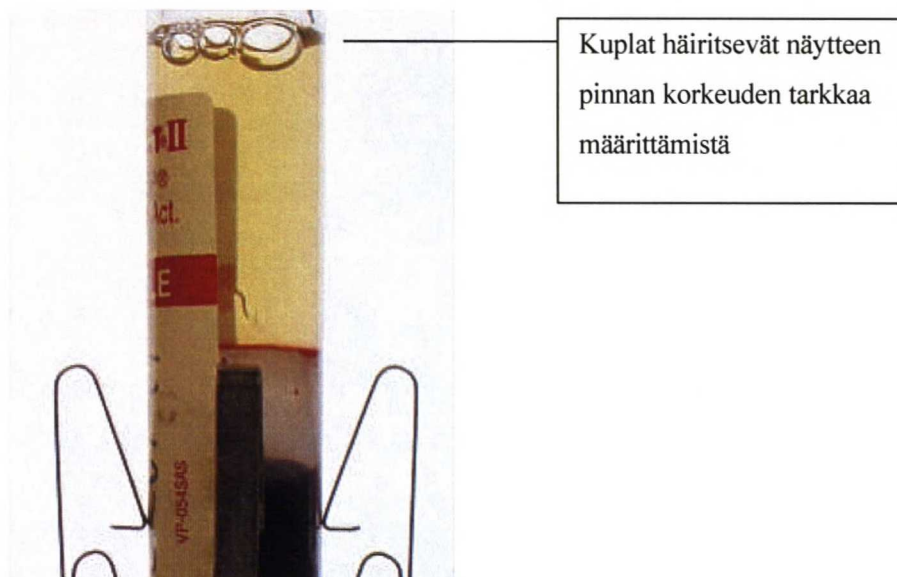
Plasmanäytteessä voi helposti muodostua geelin pintaan veren proteiineista johtuva hyytymä, joka helposti tukkii analysaattorin annosteluneulan tai näytteenjakomoduulin pipetin. Jos annostelu kuitenkin onnistuu, voi analysaattori pahimmassa tapauksessa antaa väärää tulosta, joiden perusteella voidaan tehdä väärä diagnoosi potilaan tilasta. Analysaattori voi myös jäädä jumiin ja huolto on kutsuttava paikalle. Huoltoa odotellessa aikaa kuluu paljon hukkaan ja muut vielä analysoimattomat näytteet joutuvat odottamaan analysointia. Jos pipetti tukkeutuu näytteenjakomoduulissa, joudutaan näyte hylkäämään ja reitittämään virhereitillä eteenpäin.



Kuva 18: Lähikuva plasmanäytteen geelin pinnassa olevasta hyytymästä.

#### 5.1.4. Näytteen pinnassa olevat kuplat

Näytteen pintaan voi helposti muodostua kuplia robotin siirtäessä ja asettaessa putkea putkipalettiin (Multitube Carrier) tai korkinpoistossa korkkia irrotettaessa. Kuplat häiritsevät nesteen pinnan tunnistamista ja täten myös plasma- tai seerumi kerroksen määrän mittaamista.

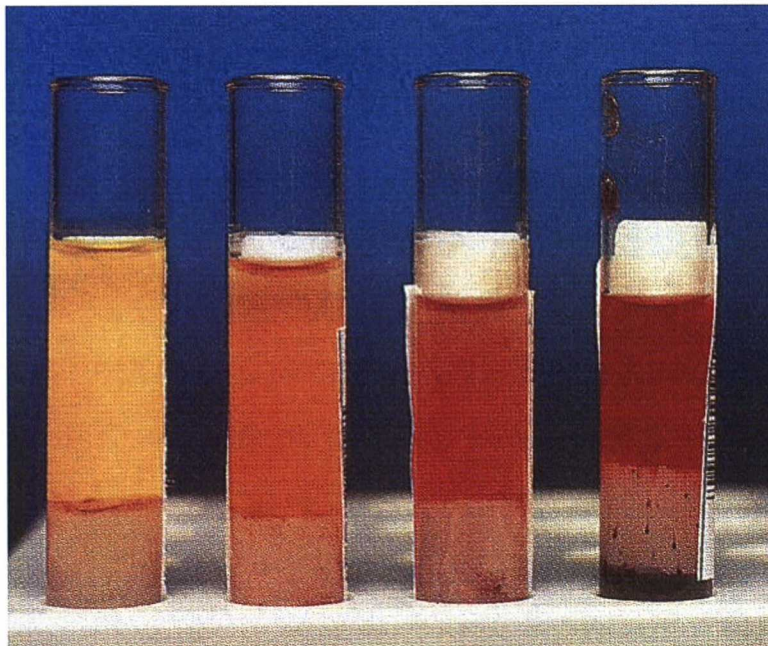


Kuva 19: Lähikuva plasmanäytteen pinnalla olevista kuplista.



### 5.1.5. Hemolyysi, ikteria ja lipemia

Hemolyysissä tapahtuu punasolujen hajoaminen, jolloin solun sisällä olevat aineet pääsevät solun ulkopuolelle. Tämä tarkoittaa, että seerumi- tai plasmanäytteessä on punasolujen ainesosia, jotka näkyvät näytteen eri asteisina punasävyinä, mikä haittaa näytteen analysointia mm. fotometrisillä menetelmillä [1]. Se miten paljon hemolysoituminen haittaa näytteen analysointia, riippuu mitattavasta testistä, reagenssista ja hemolysoitumisen määrästä. Mitä enemmän punasoluja hajoaa, sitä pahemmin näyte hemolysoituu. Kuvassa 20 eri asteisia hemolysoituneita näytteitä.



Kuva 20: Hemolyysin eri asteita, oikealla eniten hemolysoitunut näyte [2].

Ikteria on näytteen normaalia korkeampi bilirubiinipitoisuus. Bilirubiinin keltainen väri häiritsee monia fotometrisiä määrittämiä, koska bilirubiini absorboi näkyvää valoa varsin voimakkaasti laajalla aallonpituusalueella [1]. Näytteen ikteerisyys haittaa analysointia samalla tavalla kuin näytteen hemolyysi ja sen haittavaikutus riippuu tehtävästä testistä, reagensseista ikterian määrästä. Näytteen heikkoa ikteriaa on käytännössä mahdoton erottaa, jos putkessa on tarroja, koska taustalla olevalla tarralla on samanlainen vaikutus keltaisen värin

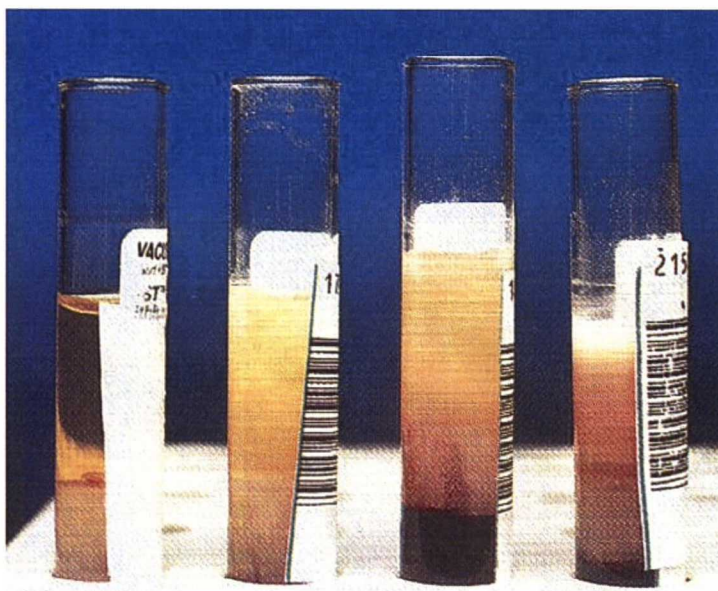


tummuuteen kuin tarroillakin. Kun näyte on riittävästi ikteerinen, plasman tai seerumin määrää ei voida mitata. Kuvassa 21 eriasteisia ikteerisiä näytteitä.



Kuva 21: Bilirubiinin määrän vaikutus: vasemmalta oikealle edetessä näytteiden bilirubiinin määrä kasvaa [4].

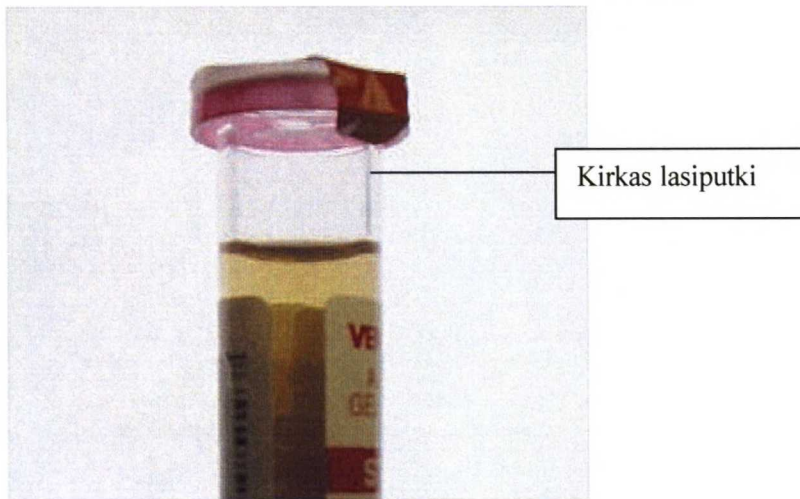
Lipemia tarkoittaa plasmanäytteen sameutta, jonka aiheuttaa veren epätavallisen suuri määrä lipideja, mikä haittaa näytteen analysointia. Veri sisältää ravinnosta peräisin olevia rasvoja, kylomikrobeja, saaden plasman näyttämään maitomaiselta [1]. Samea näyte ei valaistu riittävän hyvin ja täten plasman tai seerumin määrää on hankala mitata.



Kuva 22: Eri asteisia lipemisiä näytteitä, oikealla todella samea näyte [2].

### 5.1.6. Kirkas lasiputki

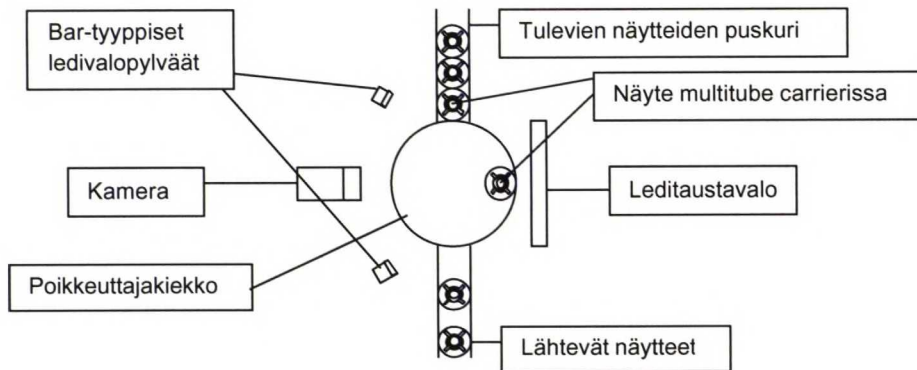
Kirkkaan lasiputken reunat eivät näy edes ihmissilmällä kovin hyvin katsottaessa putkea kirkasta taustavaloa vasten, mikä näkyy hyvin kuvassa 23. Tämä voi aiheuttaa jonkin verran ongelmia putkityypin tunnistuksessa.



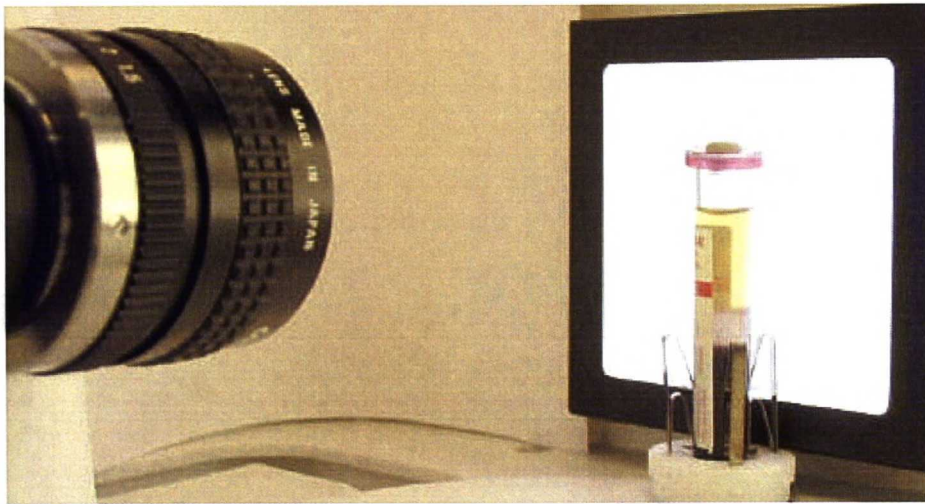
Kuva 23: Kirkkaan lasiputken reunoja on hankala huomata taustavaloa vasten

## 5.2. Tunnistusolosuhteet

Näyte on tarkoitus tunnistaa automaatiojärjestelmässä juuri tunnistamista varten valmistetussa moduulissa. Moduulissa tunnistustilanne tulee olla optimoitu konenäköä ajatellen niin, että häiriötekijät on minimoitu ja mitattavia asioita on pyritty tuomaan paremmin esiin. Käytännössä varsinaisen tunnistusprosessin ympäristö on peitetty esimerkiksi tummalla pleksilasilla ja kuvauskohteen taustalla käytetään kirkasta ja tasaväristä valkoista taustavaloa, esimerkiksi ledivaloa. Lisäksi tarvitaan valoa myös edestä päin, mutta sillä tavalla ettei kohteesta tule heijastumia tai kohteen taakse muodostu varjoja. Käytettäessä apuna jo valmiita automaatiojärjestelmän komponentteja, saadaan nopeasti hahmoteltua kuvan 24 kaltainen tunnistusprosessi. Kuvassa 25 on lavastettu tunnistustilanne, jossa näkyy hyvin taustavalon edut mitattavien kohtien esiin tuomisessa, vaikka huoneen valon vaikutusta ei olenkaan vielä mitenkään poistettu.



Kuva 24: Tunnistusprosessi.



Kuva 25: Esimerkki tunnistustilanteesta.

### 5.3. Konenäköjärjestelmälle asetetut vaatimukset

Ennen järjestelmän valintaa konenäköjärjestelmälle asetettiin tutkimusprojektissa joitain vaatimuksia, mitä sen tulisi täyttää. Vaatimuksilla haluttiin listata halutut ominaisuudet ja rajata tutkimus vain näiden ominaisuuksien tarkasteluun. Vaatimukset lueteltuna:

- Jotta järjestelmä olisi käyttökelpoinen, näytteen tunnistus täytyy voida suorittaa riittävän hyvällä varmuudella, esimerkiksi 90% varmuudella. Oikea käytännön sovellus tulee tietenkin olla huomattavasti varmatoimisempi, mutta alustavasti asetettiin tutkimusta varten jokin saavutettava raja.

- Järjestelmä tulee olla riittävä nopea, että sitä pystytään käyttämään osana automaatiojärjestelmää.
- Järjestelmä tulee olla liitettävissä joko verkkoyhteyden tai sarjaliikennekaapelin kautta automaatiojärjestelmässä käytössä olevaan LAS PC:en.
- Käytettävissä olevat kehitys- ja sovittamistyökalujen tulee olla riittävän tehokkaita, että sovelluksessa ilmi tulleet ongelmat voidaan ratkaista. Suotavaa olisi, ettei itse konenäköjärjestelmään tarvitsisi tehdä sovelluskohtaista ohjelmointia, vaan järjestelmässä olisi jo valmiina työkaluja, joilla tarvittavien asetusten säätö suoritetaan.
- Konenäköjärjestelmästä aiheutuvien kustannusten tulee olla suhteellisia asiakkaalle saatavaan hyötyyn siten, että asiakas saa järjestelmästä selvää lisäarvoa ja on halukas maksamaan siitä.



## **6. Konenäköjärjestelmän valinta**

### **6.1. Lähtökohdat**

Lähdettäessä valitsemaan konenäköjärjestelmiä etsintä rajoitettiin valmiisiin pakettiratkaisuihin, koska projekti oli tutkimusluontoinen ja kustannukset haluttiin pitää mahdollisimman alhaisina. Tutkittavaksi valittiin edeltävien mustavalkojärjestelmästä saatujen kokemusten perusteella Omronin tarjoama värinäköjärjestelmä ja sille etsittiin saman hintaluokan kilpailijoita. Kilpailijoita etsittiin Suomen Automaatioseuran konenäköjaoksen jäsenyrityksistä, alan lehtijulkaisuista ja internetistä.

Konenäköjaosto on Suomen Automaatioseuraan 14.2.1995 perustettu jaosto, englanninkieliseltä nimeltään Vision Club of Finland. Konenäköjaoksen tavoitteena on johtosääntönsä mukaisesti syventää jäsentensä ammattitaitoa ja konenäkötekniikan tuntemusta ja siten edesauttaa konenäön hyväksyntää teollisuudessa ja edistää sen tehokasta käyttöä prosessien ja tuotteiden laadun hallinnassa [8].

Suurin osa yrityksistä tarjosi kokonaisvaltaisia projektiluontoisia ratkaisuja teollisuusautomaatioon, mutta joukosta löytyi muutamia selkeämmin tuotteistettuja ratkaisuja, jotka sopivat paremmin projektin käyttötarkoitukseen.

### **6.2. Tutkittavaksi valitut konenäköjärjestelmät**

Tutkittavaksi valitut konenäköjärjestelmät:

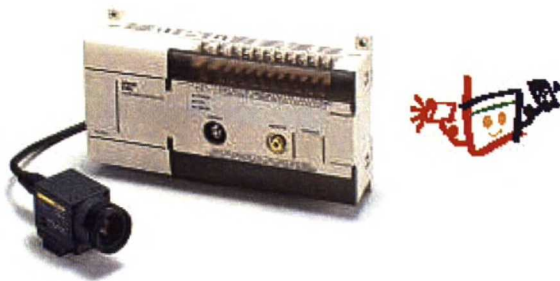
- Omron F400 Color Vision Sensor
- Matrox 4Sight-II
- Baumer QualiCam QCX200c

#### **6.2.1. Omron F400 Color Vision Sensor, Omron Electronics Oy**

Omronin tarjoama laite on oma sulautettu komponentti, joka muistuttaa fyysisiltä ominaisuuksiltaan logiikkakomponenttia. Itse laite on aika pieni ja siten aika



helppo sijoittaa nykyisiin automaatiomodulien runkoihin. Järjestelmään tutustuminen alkoi demo-luonteisella vierailulla Tapiolan Omronilla, missä kokeiltiin mitata seerumin ja plasman määrää. Parista mukana olleesta näytteestä saatiin mitattua helposti sekä plasman että seerumin määrä. Myös plasmanäytteessä geelitulpan pinnalla ollut hyytymä tunnistettiin. Eri värit pystyttiin poimimaan kuvasta, värialueille pystyttiin tekemään matka- ja paikkamittauksia sekä värin vastaavuus opetettuun väriin pystyttiin määrittämään.



Kuva 26: Omron F400 Color Vision Sensor

Asetettujen vaatimusten täyttäminen:

- Plasman ja seerumin määrän tunnistus onnistuu
- Hemolyysin, lipemian ja ikterian demon perusteella teoriassa mahdollista
- Korkin väri voidaan tunnistaa
- Ei viivakoodin tunnistusta
- Kuvatiedon käsittely riittävän nopeaa
- On liitettävissä automaatiojärjestelmän sulautettuun tietokoneeseen.
- Perustyökalut kuvankäsittelyyn ja mittaukseen löytyvät eikä tarvita ylimääräistä sovelluskohtaista ohjelmointia.

Plussat:

- Kamera erikseen -> vie vähän tilaa
- Järjestelmä on robusti, eli pienet ympäristön muutokset eivät juurikaan vaikuta laitteen toimintaan
- Löytyy edeltävää kokemusta vastaavasta mustavalkokamerasta --> Helppo käyttää
- Automaatiojärjestelmän ohjelmistossa valmis pohja laitteen liittämiseksi
- Nopea.

Miinukset:

- Ei pysty tekemään kovin monipuolisia kuva-analyyskejä hemolyysin, lipemian ja ikterian suhteen
- Järjestelmässä kattava, mutta rajallinen määrä algoritmeja kuvan tunnistamiseen
- Rajattu määrä kuvanmuokkaus- ja mittausoperaatioita
- Ei lue viivakoodia.

#### 6.2.2. Matrox 4Sight-II & VIP Quality Control Lite, RTS Robotics Oy

RTS Roboticsin tarjoama järjestelmä koostuu erillisestä Matroxin valmistamasta kuvankaappaamiseen tarkoitetusta PC:stä, erillisestä kamerasta ja Matroxin kuvatunnistuskirjastoa käyttävästä RTS:n kuvantunnistusohjelmasta. Järjestelmästä annettu demo RTS Roboticsin Mankaan toimipisteessä osoitti, että järjestelmä pystyy tunnistuksen suhteen samaan kuin Omronin tarjoama järjestelmä. VIP Quality Control Lite -ohjelmistosta löytyi kaikki tarvittavat perustoiminnot, mutta jos haluaa jotain erikoisominaisuuksia, niitä joutuu erikseen tilaamaan RTS:ltä. Mittauksien määrässä ja kuvan käsittelyssä ei ole samanlaisia rajoitteita kuin Omronin järjestelmässä ja ohjelmiston vaihtoehdot tarjoaa hiukan monipuolisemmat mahdollisuudet ongelmien ratkaisuun.



Kuva 27: Matrox 4Sight-II koostuu teollisuus-PC:stä ja erillisestä kamerasta.

Asetettujen vaatimusten täyttäminen:

- Plasman ja seerumin määrän tunnistus mahdollista
- Hemolyysin, lipemian ja ikterian tunnistus teoriassa mahdollista.
- Korkin väri pitäisi voida tunnistaa.
- Lukee viivakoodin, mutta suositeltiin omaa lukijaa.

- Kuvatiedon käsittelynopeudesta ei varmaa tietoa, mutta oletettavasti se on riittävä
- On liitettävissä automaatiojärjestelmän sulautettuun tietokoneeseen ainakin sarjaliitännän kautta
- Perustyökalut kuvankäsittelyyn ja mittaukseen löytyvät eikä tarvita ylimääräistä sovelluskohtaista ohjelmointia.

Plussat:

- PC:n käyttöliittymä
- Kamera erikseen.

Miinukset:

- PC:n ongelmat, joista enemmän kappaleessa 6.3
- Ohjelmiston muutokset vaativat muutostyön ostamista RTS:ltä.

### **6.2.3. Baumer QualiCam QCX200c, ACS Marketing**

Baumer QualiCam QCX200c –konenäköjärjestelmässä on samaan fyysiseen laitteeseen yhdistetty kuvankaappauskortilla varustettu teollisuus-PC ja kamera. Järjestelmän ohjauksesta vastaa NeuroCheck-ohjelmisto, josta on käytössä varta vasten Baumerin konenäköjärjestelmiä varten räätälöity versio. Varsinkin NeuroCheck-ohjelmiston monipuolisuus ja valmiit ratkaisut tavallisimpiin konenäkösovelluksien ongelmiin kiinnostivat.



Kuva 28: Baumer QualiCam QCX200c –järjestelmässä on integroituna teollisuus-PC ja kamera.

Asetettujen vaatimusten täyttäminen:

- Plasman ja seerumin määrän tunnistus teoriassa mahdollista
- Hemolyysin, lipemian ja ikterian tunnistus teoriassa mahdollista.
- Korkin väri pitäisi voida tunnistaa.
- Kuvatiedon käsittelynopeudesta ei tietoa
- Ei varmaa tietoa siitä, että onko ohjelmistoliityntää valmiina automaatiojärjestelmän sulautettuun tietokoneeseen.
- Lukee viivakoodit, jopa 2-ulotteiset viivakoodit

Plussat:

- PC:n käyttöliittymä.

Miinukset:

- Kamera samassa laatikossa -> vie paljon tilaa.
- PC:n ongelmat, joista enemmän kappaleessa 6.2
- Ei vielä tarpeeksi tietoa eikä konkreettista näyttöä järjestelmän soveltuvuudesta ongelman ratkaisemiseksi.

Kunnon testiä ei päästy tekemään, koska yhtään laitteistoa ei saatu testattavaksi, eikä maahantuoajalla ollut yhtään demolaitteistoa installoituina. Järjestelmä vaikutti hyvältä paperilla, mutta Baumerilta totesivat, että sovellukseen tarvitaan erikseen räätälöity ohjelmisto, jos kaikki vaatimukset pitäisi voida täyttää.

### 6.3. Lopulliset valintaperusteet

Konenäköjärjestelmäksi valittiin testien perusteella Omron F400 Color Vision Sensor, koska se soveltui hyvin ominaisuuksiensa ja hintansa puolesta sovellukseen. Matrox 4Sight-II -järjestelmän tarjoamat mahdollisuudet olivat paljon laajemmat, mutta mukana tullut VIP Quality Control Lite -ohjelmisto ei tarjonnut juuri enempää mahdollisuuksia kuin Omronin järjestelmä. Jos aikaa ja resursseja olisi ollut enemmän, olisi Matroxin tarjoamien ohjelmistokirjastojen avulla voinut kehittää sellaisen sovelluksen kuin haluaa. Baumerin tarjoamaa järjestelmää ei päästy kunnolla testaamaan, joten sen suorituskyvystä ei pystytäkään paljoa sanomaan. Lisäksi Matrox ja Baumer olivat molemmat PC-pohjaisia sovelluksia, jotka pyörivät Microsoft Windowsin päällä ja niiden mukanaan tuomia ongelmia haluttiin välttää. Lähinnä ongelmia olisi aiheutunut



käyttöjärjestelmän ongelmien hallinta, ohjelmisto- ja ajuriversioiden hallinta sekä laitteiston fyysinen sijoittaminen automaatiojärjestelmään.

#### 6.4. Valitun järjestelmän ominaisuudet

Omron F400 Color Vision Sensor –järjestelmässä on yksi erillinen värikamera ja erillinen tunnistus/ohjausyksikkö. Järjestelmän resoluutio on 512x484 (leveys x korkeus) pikseliä, mikä asettaa maksimitarkkuuden mitattaessa putken mittoja. Kuvasalue on noin 120mm leveä ja yhden pikselin koko on tällöin alle 0,25mm. Erilaisia mittauskokonaisuuksia (Scene) voi olla korkeintaan 16. Scenen perustoimintametodi voi olla joko värin valinta tai värin suodatus. Opetettuja värejä voidaan poimia mitattavaksi yhdessä Scenessä korkeintaan 8 tai sitten voidaan käyttää eri asteisia harmaan sävy-, punaista, vihreää, sinistä tai väriharmaa suodatinta. Suodatuspuolelta löytyy mm. reunan pehmennys, reunan korostus, taustan poistaminen.

Paikan kompensointi voidaan tehdä minkä tahansa mittauksen tai tunnistuksen avulla, josta saadaan paikkatieto ulos. Paikan kompensoinnilla tarkoitetaan ominaisuutta, jonka avulla mittauspisteet voidaan siirtää mitattavan kappaleen kohdalle, vaikka se ei olisikaan opetetussa paikassa. Myös kohteen kulman mukaan voidaan kompensoida. Yhdessä scenessä voidaan tehdä yhteensä kaksi paikan kompensatiota, joiden avulla mitattava kohde tai mittauspisteet pitäisi saada oikeaan paikkaan.

Mittausalueita yhdessä scenessä on korkeintaan vain 16, mutta paikkakompensoinnin jälkeen niitä ei tarvita yleensä enempää. Mittausalueet voidaan rajata tarkasti tiettyyn osaan tunnistusaluetta ja käytössä on useita eri mittauksia mm. painopisteen laskeminen, pinnan vikojen etsintä, kohteen kulma referenssiin nähden, korrektio opetetun kohteen kanssa, paikan etsintä ja reunan haku.

Varsinainen lähtevä tieto tunnistuksesta muodostetaan mitattujen tietojen perusteella. Tuloksia voidaan skaalata, laskea niistä uusia arvoja tavallisimmilla laskutoimituksilla ja verrata asetettuihin arvoihin. Mittauksesta saadaan ulos myös onnistumisen arviointitulos (kyllä / ei) halutuille mittauksille.



Järjestelmän ohjaus toimii joko sarjaliikenteen kautta ASCII-muotoisena tai IO-tulojen kautta jännitesignaaleilla. Mittaus käynnistetään sarjaliikenneväylän kautta lähetetyllä ASCII-muotoisella komennolla ja mitattu tieto lähetetään myös ASCII-muotoisena ulos. Järjestelmän tarkemmat spesifikaatiot liitteessä B.

## 7. Prototyypijärjestelmä

### 7.1. Yleistä

Aluksi tavoitteena oli oman moduulin rakentaminen prototyyppiä varten, mutta koska se olisi vaatinut uusien CAD-kuvien piirtämistä ja moduulin tilaamista alihankkijalta, päätettiin järjestelmä asentaa jo olemassa olevaan moduuliin testausta varten. Testauslaboratoriosta löytyi ylimääräinen näytteidenpoistomoduli (Exit-moduuli), johon konenäköjärjestelmä päätettiin asentaa. Käyttöjännite konenäköjärjestelmälle otettiin moduulin omasta virtalähteestä ja kameran ohjausta ja tiedonsiirtoa varten asennettiin moduuliin yksi ylimääräinen IO-kortti. Valaistusta varten moduulia jouduttiin jonkin verran modifioimaan: taustavaloille tehtiin reikä ja etuvaloille tehtiin ripustuskiinnitys.

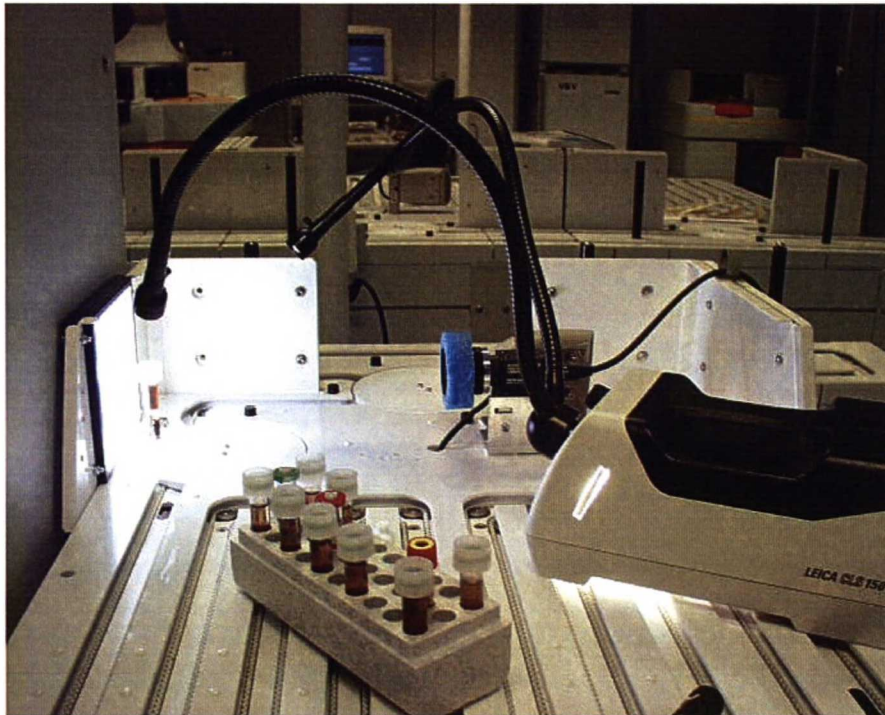
### 7.2. Valaistus

Yksi tärkeimpiä tehtäviä konenäkösovellusta tehtäessä on kuvaustilanteen vakioiminen ja häiriötekijöiden minimointi. Valaistuksella on suuri rooli konenäkösovelluksen toimivuuden takaamisessa ja siksi siihen kiinnitettiin erityistä huomiota. Ensimmäisenä tutkittiin ympäristön valon vaikutusta kuvaustilanteeseen ja todettiin, että huoneen valaistus, ikkunasta tuleva auringon valo ja liikkuvat varjot vaikuttivat häiritsevästi kuvaustilanteeseen. Käytännössä varsinaisen tunnistusprosessin ympäristö on peitetty moduulin metallikuorella sivuilta ja katosta ja moduulin etukansi on tummaa läpinäkyvää muovia. Ulkokuorta simuloitiin tummalla muovilevyillä ja niillä saatiin poistettua riittävästi ulkopuolisia häiriötekijöitä. Pelkkä vaimentaminen riittää, koska ledivalojen antama valaistusteho lähietäisyydeltä on riittävä kumoamaan ympäristöstä tulevat valot ja varjot.

Tasainen valkoinen valo säteilee suurin piirtein yhtä paljon kaikkia aallonpituuksia ja valaisee kohteen luonnollisesti. Käytettäessä tasaista valkoista valoa mikään väri ei suodatu pois tai korostu liikaa. Usein konenäkösovelluksissa käytetään myös tietyn väristä valoa korostamaan mitattavia piirteitä.

Prototyyppijärjestelmässä haluttiin pitää värit muuttumattomina ja siksi käytettiin tasaista valkoista valoa.

Putken ulkomuotojen tunnistamiseen kuvauskohteen taustalla käytetään kirkasta ja tasaväristä valkoista leditaustavaloa. Lisäksi tarvitaan valoa myös edestä päin, mutta sillä tavalla ettei putken pinnasta tule heijastumia tai kohteen taakse muodostu varjoja. Edestäpäin tulevalla valolla saadaan putken sisällä oleva plasma tai seerumikerros paremmin esiin verrattuna taustavaloon. Optimaalista etuvalaistusta kokeiltiin valogeneraattorin, jossa valo johdetaan parilla taipuisalla kuidulla valaistuskohteen lähelle, avulla kuvan 29 mukaisesti.



Kuva 29: Etuvalaistuksen testaus valogeneraattorilla.

Paras valaistus ilman heijastumia saatiin edestäpäin asettamalla valot symmetrisesti ylös etukulmiin sopivan matkan päähän keskilinjalta niin, että valot valaisevat kohdetta viistosti ylhäältä päin. Valogeneraattorilla testatessa huomattiin myös, että generaattorin säteilemä valo ei ollut lähellekään niin tasaista valkoista valoa kuin ledivalot pystyivät antamaan. Valogeneraattori antoi selvästi enemmän punaista valoa kuin ledivalot, mikä nähtiin Omron F400:n

näyttöruudulle antamassa kuvassa. Kun etuvalaistusta oli testattu riittävästi, valittiin etuvaloiksi Bar-tyyppiset ledivalopylväät.



Kuva 30: Pelkät etuvalot päällä.



Kuva 31: Näyte valaistuna yhtäaikaan edestä ja takaa



### 7.3. Kameran asetukset

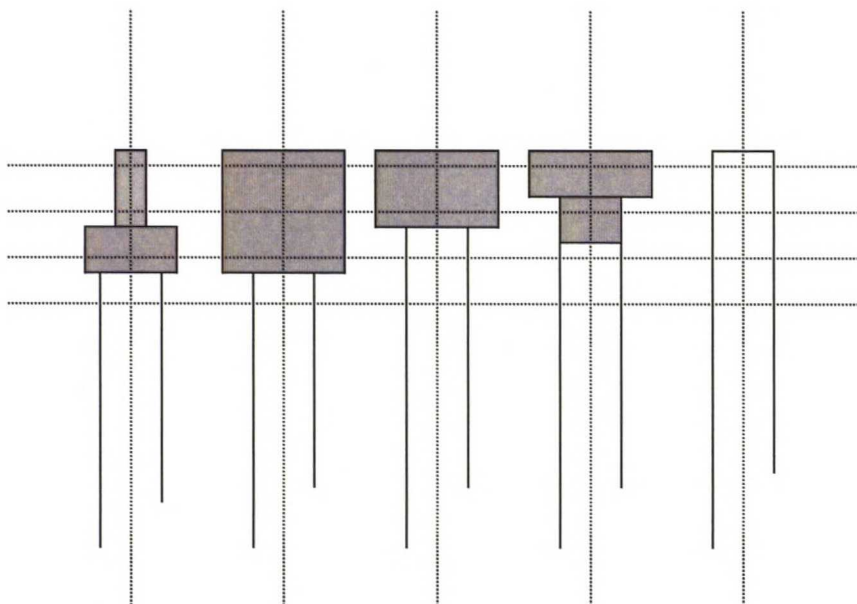
Suoraan saatuun kuvaan vaikuttaa kameran valotusaika, kameraobjektiivin valotusaukon suuruus ja kuvan tarkennus. Kameran toiminta on optimoitu noin 30-60cm etäisyydelle, jonka sisällä kuva voidaan säätää tarkaksi. Valotusaika valittiin käytännössä mahdollisimman lyhyeksi ja valittavissa olevista vaihtoehdoista (1/10000 s, 1/2000 s, 1/500 s, 1/100 s) valittiin 1/2000 s lähinnä siksi, ettei pelkillä etuvaloilla saanut riittävän valaistua kuvaa 1/10000 s – asetuksella, kun käytettiin sopivaa valotusaukon suuruutta. Kuva tarkennettiin silmämääräisesti näyttömonitorilta käyttäen apuna viivoitinta ja muita pieniä yksityiskohtia sisältäviä kuvauskohteita.

### 7.4. Tunnistamisessa käytetyt menetelmät

Omron F400 Color Vision Sensor –järjestelmässä on vakiona kattava joukko eri käytännön sovelluksissa tarvittavia toimintoja. Ominaisuuksia on selitetty luvussa 6.3 ja liitteessä B on tarkemmat spesifikaatiot.

#### 7.4.1. Putkityypin tunnistaminen

Putkityypin tunnistamisen alussa mittauspisteet siirrettiin paikan kompensoinnin avulla mitattavan putken kohdalle. Paikan kompensoinnilla tarkoitetaan tässä yhteydessä Omron F400:n ominaisuutta, jonka avulla mittauspisteet voidaan siirtää mitattavan kappaleen kohdalle, vaikka se ei olisikaan opetetussa paikassa. Paikan kompensointi tehtiin putken / korkin yläreunan paikan perusteella käyttämällä massakeskipisteen hakua ja reunan hakua putken yläreunalle. Paikan kompensoinnin jälkeen mitattiin putken korkeus reunan hakua käyttäen ylhäältä alaspäin ja myös kompensointi otettiin automaattisesti huomioon. Reunan haun avulla mitattiin myös korkin tai putken leveys neljästä eri mittauspisteestä kuvan 26 mukaisesti. Varsinainen putkityypintunnistus tehdään LAS PC:n ohjelmistossa vertaamalla mitattuja tietoja referenssimittoihin. Tällä mittaustavalla saadaan tällä hetkellä tunnistettua yli 30 putkityyppiä, joita voidaan käyttää TCL:n automaatiojärjestelmässä.



Kuva 32: Putken ulkomittojen mittauspisteet

#### 7.4.2. Plasman ja seerumin määrän mittaaminen

Plasma ja seerumin määrän mittaamiseen käytettiin opetetun värin poimintaa, jonka avulla saatiin opetetut plasman ja seerumin värit näkyviin. Käytettäessä värin poimintaa, kaikki muut värit suodattuvat pois mittauksesta. Löytyneestä värialueesta mitataan pinta-ala, että voidaan olla varma siitä, että plasmakerros on riittävän hyvin näkyvillä. Kun plasma- tai seerumikerros on saatu näkyviin, mitataan kerroksen korkeus käyttäen reunan hakua ylhäältä ja alhaalta päin.

#### 7.4.3. HIL-tunnistus

Hemolyysin, ikterian ja lipemian tunnistukseen yritettiin käyttää opetetun värin poimintaa ja värin vastaavuutta opetettuun väriin, mutta koska varsinaisia rajoja ei saatu määriteltyä, ei edes LAS-ohjelmistoon tehty mitään päättelyjä.

#### 7.4.4. Korkin värin tunnistus

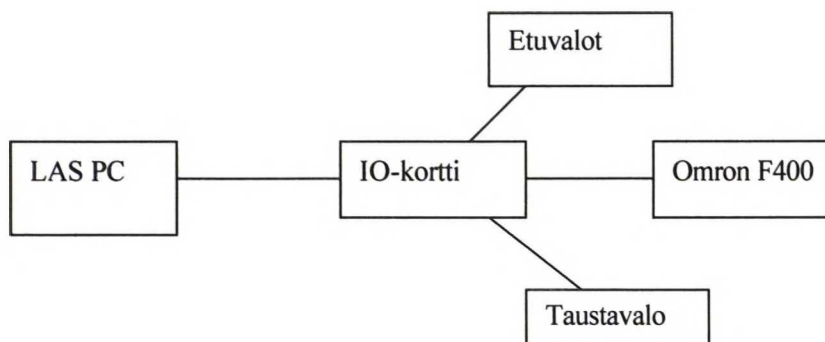
Korkin värin tunnistamisessa käytetään myös opetetun värin poimintaa, jossa katsotaan löytyykö yhtään ennalta opetettua korkin väriä. Jokaisen opetetun

värin kohdalla lasketaan löytyneen värin pinta-ala, jonka perusteella voidaan tarkistaa onko väri todellakin peräisin korkista vai jostain muualta. Mittausalue on rajattu putken yläosaan, koska tietyt keltaiset korkit ovat aivan plasman tai seerumin värisiä. Varsinainen värin määrittäminen tehdään LAS PC:llä siten, että tarkistetaan monesko väri oli kyseessä mitattujen pinta-alojen perusteella ja katsotaan mittausjärjestyksen mukaisesta taulukosta opetetun värin arvo / nimi. Samalla tarkistetaan oliko putkityyppi varmasti korkillinen.

## 7.5. Järjestelmän liittäminen automaatioon

### 7.5.1. Järjestelmän kytkennät

Kameran ohjausyksikkö on liitetty sarjaliikennejohdolla moduulin IO-korttiin, josta mittaus tulokset välitetään LAS PC:lle CAN-väylää pitkin. Valojen ohjaus suoritetaan IO-kortin digitaaliulostuloilla releiden avulla. IO-kortti seuraa myös Omron F400:n toimintaa BUSY-signaalin kautta, joka on kytketty IO-kortin tuloon. Omron F400:n kytkennät tarkemmin liitteessä B.



Kuva 33: Järjestelmän laitteistomoduulit ja niiden väliset kytkennät.

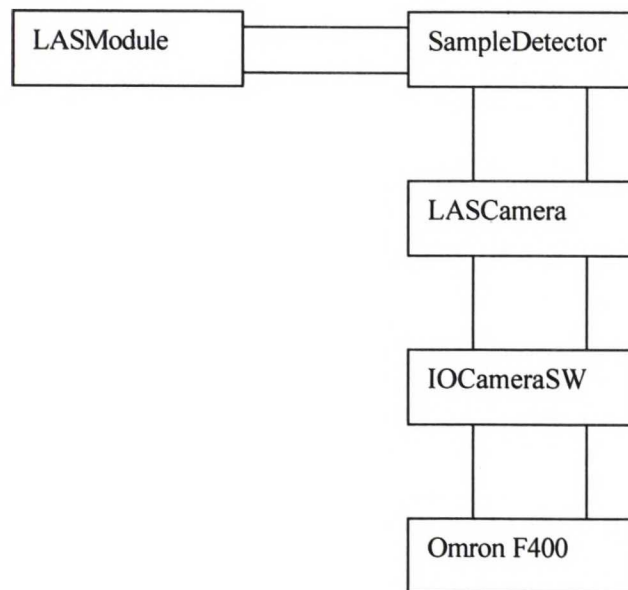
### 7.5.2. Järjestelmän ohjelmistot

Järjestelmän liittäminen ohjelmistoon aloitettiin IO-kortin ohjelmiston suunnittelulla, missä määriteltiin halutut toiminnot ja rajapinnat LAS-PC:lle. IO-kortti kommunikoi Omron F400:n kanssa sarjaliikenteen kautta lähettämällä ja vastaanottamalla ASCII-muotoista tekstiä. Käytännössä mittaus aloitetaan lähettämällä mittauskomento (MEASURE) Omron F400:lle, jonka jälkeen vastaanotetaan mittauksessa saadut tiedot. Scenen vaihto onnistuu SCENE x –

komennolla, jossa x on vaihdettavan scenen numero. Sceneä vaihdettaessa odotetaan, että BUSY -signaali on taas alhaalla.

LAS PC:n päässä kommunikointia varten tehtiin oma LASCamera- luokka, joka hoitaa IO-kortille lähetettävien käskyjen lähettämisen CAN-väylään ja IO-kortilta tulleen tiedon vastaanottamisen. Yhteen CAN-viestiin mahtuu vain kahdeksan merkkiä, joten viesti joudutaan usein pilkkomaan useampaan osaan, jonka luokka hoitaa automaattisesti samoin kuin yhdistämisenkin.

Näytteen tunnistaminen suoritetaan omassa SampleDetetor-luokka, joka lähettää mittauspyyntöjä ja analysoi mitatut tiedot. SampleDetector-luokassa on myös rajapinta LAS PC:n muille ylemmille luokille.



Kuva 34: Järjestelmän kommunikointi ja ohjaus

Järjestelmän ohjelmistokaavioita liitteessä C.

### 7.5.3. Normaali tunnistussekvenssi

Normaali tunnistussekvenssi, jossa halutaan tunnistaa putkityyppi, plasman tai seerumin määrä ja korkin väri, lähtee käyntiin siitä, kun näyte saapuu tunnistuspaikalle. Kun näyte on tunnistuspaikalla, ylhäältä tulee SampleDetector-



luokalle tunnistuspyyntö näytteelle. SampleDetector-luokka rakentaa tunnistuspyynnön säädettyjen asetusten mukaisesti ja lähettää viestin LASCamera-luokan kautta IO-kortin ohjelmistolle. IO-kortin ohjelmisto purkaa tunnistuspyynnön ja lähettää mittauskomennon Omron F400:lle. Katso havainnollistava aktiviteettikaavio liitteessä C.

Tavallisesti suoritetaan putkityypin määrittäminen, plasman tai seerumin määrän mittaaminen ja korkin värin tunnistus. Kaikki kolme vievät yhden scenen ja ne pitää mitata erikseen. Ensimmäisenä mitataan yleensä putkityyppi ja tarvittaessa vaihdetaan scene sopivaan ja laitetaan taustavalo päälle, jonka jälkeen lähetetään mittauskomento Omron F400:lle. Saapuvat mittaustulokset pakataan talteen ja samalla vaihdetaan scene plasman tai seerumin määrän mittausta varten ja vaihdetaan taustavalaistus etuvaloihin. Scene vaihtamisen jälkeen lähetetään uusi mittaustulokset ja talletetaan saadut mittaustulokset talteen, jonka jälkeen vaihdetaan taas sceneä korkin värin tunnistamiseksi. Uusi mittaustulokset lähetetään ja mittaustulokset otetaan talteen. Lopuksi kaikki mittaustulokset pakataan viestiin ja lähetetään ylös LAS PC:n ohjelmistolle. Samalla sammutetaan valot ja vaihdetaan scene putkityypin tunnistukselle.

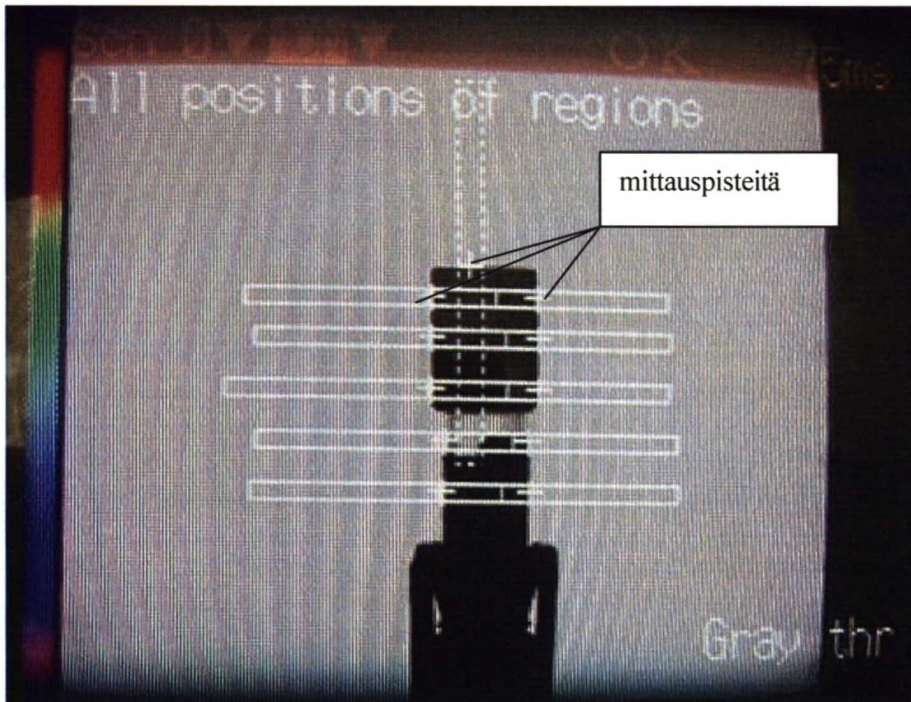
LASCamera-luokka vastaanottaa viestin ja ilmoittaa siitä SampleDetector-luokalle. SampleDetector purkaa viestin ja tunnistaa putkityypin vertailemalla mitattuja putken ja korkin ulkomittoja referenssitaulukossa oleviin tietoihin. Plasman tai seerumin määrä lasketaan mitatun nestekerroksen korkeuden ja putkityyppitiedon avulla. Korkin väri katsotaan suoraan saaduista tuloksista. Jos kaikki tulokset ovat hyväksyttäviä, tiedot lähetetään eteenpäin ja seuraava tunnistus voidaan aloittaa. Normaalmittauksen aktiviteettikaavio on liitteessä C. Jos plasman tai seerumin määrää ei pystytä tunnistamaan varmasti, käännetään näyttöä 90 astetta ja suoritetaan mittaaminen uudestaan. Jos näyttöä ei pystytä tunnistamaan neljännekkään kerralla, annetaan näytteelle virhestatus ja reititetään se Check-moduuliin.

Parhaimman kokonaiskuvan saa nopeasti aktiviteettikaavion avulla, joka löytyy liitteestä C.

## 8. Käytännön kokeet prototyypijärjestelmällä

### 8.1. Putkityypin tunnistaminen

Sovelluksen ominaisuuksien testaaminen aloitettiin putken tunnistamisella, koska se oli helppo toteuttaa valitulla konenäköjärjestelmällä. Käytännössä tunnistus tehtiin mittaamalla putken ulkomitat useasta tarkoin valitusta kohdasta, jonka jälkeen mittoja verrattiin ennalta mitattuihin taulukoituihin arvoihin. Tällä mittaustavalla saadaan tällä hetkellä tunnistettua yli 30 putkityyppiä, joita voidaan käyttää TCL:n automaatiojärjestelmässä.



Kuva 35: Putken ulkomittojen mittaus tietyistä pisteistä.

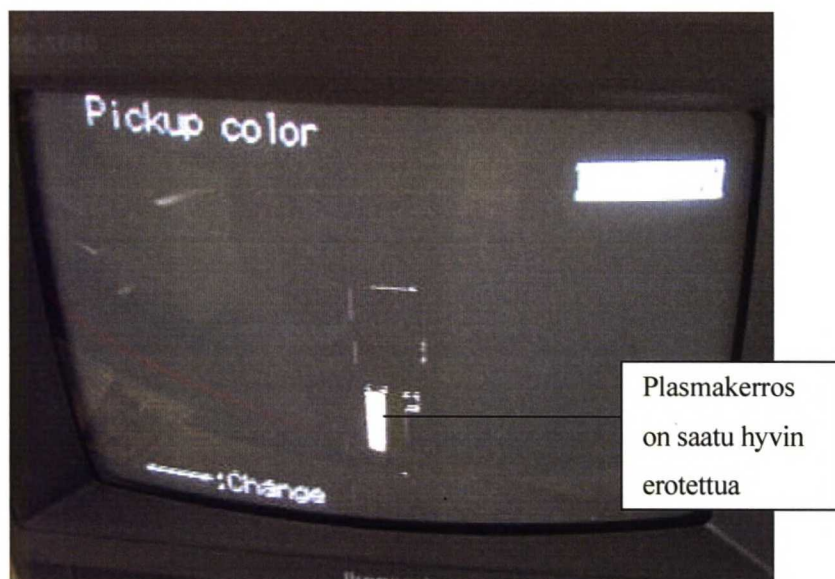
Tunnistus toimi yhtä hyvin kuin vastaavalla mustavalkotekniikalla tehty sovellus, joka ei siis kuulunut varsinaiseen prototyypilaitteistoon. Mustavalkosovelluksessa käytössä oli Omron F150 -konenäköjärjestelmä ja taustavalo. Mustavalkosovelluksen varmuus testattiin yön yli kestäneellä testillä, jossa oli riittävä otos erilaisia korkillisia ja korkittomia putkia jonossa tietyssä

järjestyksessä. Putkia kierrätettiin tunnistuspisteessä siten, että edellisen tunnistuksen päättyessä seuraava oli jo valmiina odottamassa. Testiajon jälkeen LAS PC:lle tallennetusta lokitiedostosta nähtiin, että yhtään väärin tunnistettua putkea ei ollut. Testissä oli tullut muutamia kymmeniä ensimmäisellä yrittämällä epäonnistuneita tunnistuksia, jotka sitten toisella yrittämällä olivat onnistuneet. Täysin epäonnistuneita tunnistuksia oli muutama. Epäonnistuneet tunnistukset katsottiin johtuvan siitä, että putkea pyöritettiin kuvauksen ajan, jolloin putki on voinut heilua putkipaletissa (TCA Multitube Carrier) juuri tunnistushetkellä. Nykyisessä sovelluksessa putkea ei pyöritetä tunnistuksen aikana. Onnistumisprosentiksi saatiin testin hyvissä olosuhteissa yli 99%.

## 8.2. Plasman ja seerumin määrän mittaaminen

Plasman ja seerumin määrä voidaan laskea plasma- tai seerumikerroksen korkeuden ja putkityyppitietojen avulla. Koska putkityypin tunnistus onnistuu hyvin, riittää plasma- tai seerumikerroksen korkeuden mittaaminen. Mittaaminen sinällään oli helppoa, jos plasma- tai seerumikerros saatiin näkymään. Parhaiten tunnistus onnistui käyttämällä pelkästään etuvaloja, jolloin takana olleet viivakoodi- ja etikettitarrat eivät häirinneet yhtä paljon kuin taustavalon kanssa. Käytännössä systeemille opetettiin sallittuja värisävyjä, jotka sitten tunnistustilanteessa tuotiin esiin poistamalla kaikki muut värit. Jotta tunnistus olisi riittävän varma pitäisi tarrojen käyttöä rajoittaa, niin että näkyvyys näytteeseen on riittävä. Käytännössä näin ei kuitenkaan aina ole, vaan näytteessä voi olla tarroja useita ja näkyvyys näytteeseen on hyvin kapea. Riittävällä näkyvyydellä näytteeseen tunnistusvarmuus ja tarkkuus olivat testeissä hyviä.





Kuva 36: Plasmakerros on tunnistettu värin perusteella.

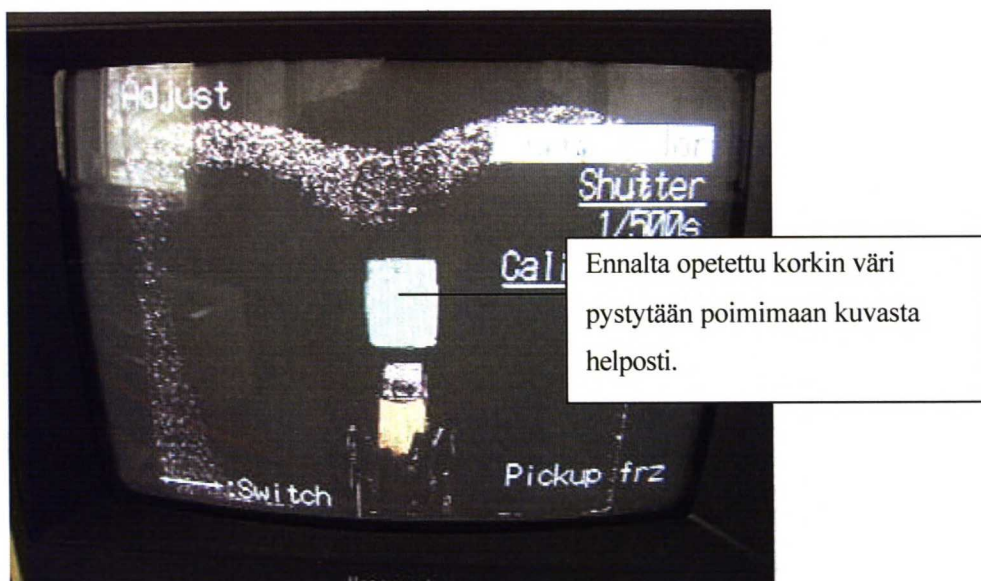
### 8.3. HIL-tunnistus

Usean eri kokeilun jälkeen todettiin, ettei HIL-tunnistus olisi järkevää tällä järjestelmällä ottaen huomioon värisävyjen vaihtelujen mahdollisen määrän ja varsinaisten rajojen puuttumisen. Varsinkin putkessa olevat tarrat haittasivat tarkan määrittelyn tekemistä. Jos putkissa ei olisi tarroja, tunnistus voisi toimia jollain tarkkuudella. Myös valitun konenäköjärjestelmän opettavien värisävyjen määrä oli rajallinen. Varsinaisen HIL-tunnistuksen sijaan päätettiin käyttää käänteistä logiikkaa: Jos plasman tai seerumin määrää ei voida tunnistaa, täytyy näytteessä olla jotain vikaa ja tällöin näyte joka tapauksessa reititetään virhestatuksella tarkistusmoduuliin (Check). Käänteistä logiikkaa käyttämällä ei voida tietää miksi näyte lähetettiin tarkistusmoduuliin. Lisäksi vain vähän hemolysoituneet, lipeemiset tai ikteeriset näytteet pääsevät eteenpäin ilman, että siitä lähtisi tieto minnekään.

### 8.4. Korkin värin tunnistus

Korkin värin tunnistamisessa ei varsinaisesti ole mitään ongelmaa, mutta yhdessä scenessä voidaan mitata vain 8 opetettua väriä. Useamman scenen käyttämisessä aikaa kuluu myös scenen vaihtamiseen, mutta yleensä kahdeksan väriä riittää useimmille sovelluskohteille. Testeissä korkin värit tunnistettiin helposti.





Kuva 37: Korkinvärin tunnistaminen.

## 9. Johtopäätökset

### 9.1. Arvio työn onnistumisesta ja soveltuvuudesta

Työn tarkoituksena oli tutkia konenäön soveltamista klinisen kemia automaatiojärjestelmässä. Osaan ongelmista, joita oli esitetty, saatiin tehtyä toimiva ratkaisu konenäön avulla ja osaan ongelmista pitää vielä jatkokehittää ratkaisuja.

Putkityypin tunnistaminen onnistui hyvin ja samoin korkin värin tunnistaminen, mutta plasman ja seerumin määrän mittaamisessa on vielä jonkin verran parantamisen varaa. Ongelmia aiheutti lähinnä kuvattavien putkien suuret poikkeavuudet toisistaan. Rajoittamalla tarrojen sijoittamista putken päälle ja riittävän näkyvyyden takaamisella putken sisällä olevaan näytteeseen voidaan myös plasman ja seerumin määrän mittaaminen toteuttaa protosysteemillä. Hemolyysiä, ikteriaa ja lipemiaa ei pystytty tunnistamaan riittävällä varmuudella, joten HIL-tunnistuksen tutkiminen jätettiin tällä systeemillä minimiin. Käänteisen logiikan käyttämisellä selvät ongelmanäytteet voidaan tunnistaa ja useimmissa tapauksissa on riittävää tunnistaa näyte ongelmalliseksi. Ongelmana on kuitenkin se, että vain vähän hemolyyttiset, ikteeriset ja lipeemiset näytteet pääsevät eteenpäin ilman minkäänlaista ilmoitusta.

Jälkikäteen ajateltuna olisi jo heti alussa pitänyt hankkia enemmän materiaalia oikeista käytössä olevista näytteistä ja putkista. satoja näytteitä käytössä olleiden kymmenien sijaan. Paremman materiaalin avulla olisi voinut tutkia paremmin ennakkoon millaisia ominaisuuksia tutkittavilla näytteillä voi olla. Pidempää tutkimusta ajatellen olisi Matrox 4Sight-II -järjestelmä ollut monipuolisuutensa ansiosta parempi, riippumatta siitä valittaisiinko sitä lopulliseen sovellukseen.

Protosysteemin rakentamisen ja testaamisen aikana löytyi myös muita hyviä konenäköjärjestelmiä, joihin kannattaa tutustua ennen kuin mahdollinen kehitysprojekti aloitetaan. Moni konenäköyrittäjä on myös tuonut markkinoille kokonaisvaltaisen konenäköprojektien suunnittelun lisäksi valmiita

pakettiratkaisuja ja selvästi konenäön soveltamista halutaan laajentaa yhä useammille alueille. Edullisten konenäköjärjestelmien hinnat ovat laskeneet sadoista tuhansista euroista kymmeneen tuhansiin euroihin ja täten mahdollistanut konenäön soveltamisen taloudellisesti myös yksinkertaisemmissa kohteissa.

Mahdollista suunnitteluprojektia ajatellen HIL-tunnistusta varten tulisi miettiä uusia menetelmiä konenäön ja muiden mittausten alueelta, kuten fotometrisistä mittauksista. Myös plasman ja seerumin määrän mittaamiseen tulisi tutkia myös muita menetelmiä ja kokeilla vielä erilaisia valaistusmahdollisuuksia mittausvarmuuden ja tarkkuuden parantamiseksi.

Tutkimusprojektista saatiin hyvää kokemusta konenäön soveltamisesta, sen hyvistä puolista ja ongelmista. Osaa testatuista menetelmistä voidaan käyttää sellaisenaan mahdollisessa oikeassa sovelluksessa, mutta osalle pitää vielä etsiä vaihtoehtoisia menetelmiä. Nyt ainakin tiedetään mitä ongelmia on odotettavissa. Kokonaisuudessaan työ saatiin vedettyä läpi vähäisillä resursseilla ja rahaa ei jouduttu käyttämään kovinkaan paljoa, aikaa tosin meni odotettua enemmän.

## 10. Viitteet

1. Saara Makkonen – Seija Tuokko, Näytteenotto, 1998, Opetushallitus
2. W. G. Guder, S. Narayanan, H. Wisser, B. Zawta, Samples: From the Patient to the Laboratory, 1996, Git Verlag GMBH
3. Gerald J. Kost, Handbook of Clinical Automation, Robotics, and Optimization, 1996, John Wiley & Sons, Inc.
4. TCL markkinointi, TCAutomation 2003 Sales Promotion CD
5. Milan Sonka, Vaclav Hlavac, Roger Boyle, Image Processing, Analysis, and Machine Vision, Second Edition, 1999, PWS Publishing, Books/Cole Publishing Company, International Thomson Publishing Inc.
6. Automaatioväylä 2/2002 - TEEMA: Mekatroniikka ja konenäkö, 2002, Automaatioväylä Oy
7. Machine Vision News Vol. 8, 2003, Vision Club of Finland
8. <http://www.automaatioseura.fi/> - Suomen Automaatioseura, Konenäköjaos - Vision Club of Finland (VCF), linkki talletettu 17.5.2003
9. <http://www.spt.fi/eutist/> - Integrated Machine Vision (IMV), linkki talletettu 17.5.2003
10. <http://www.euroelektro.fi/sovelluksia.html> - Euroelektro Oy, linkki talletettu 17.5.2003



## **Liite A**

Seuraavilla sivuilla (4 sivua) viralliset TCA-moduulien spesifikaatiot seuraavista moduuleista:

- Aliquoter – moduuli, joka suorittaa näytteen jakamisen
- Centrifuge – moduuli, joka suorittaa näytteen sentrifugoinnin
- Decapper – moduuli, joka poistaa näyteputkesta korkin
- Bypass – analysaattoriiliityntämoduuli

# TCAutomation Aliquoter/Labeler Module

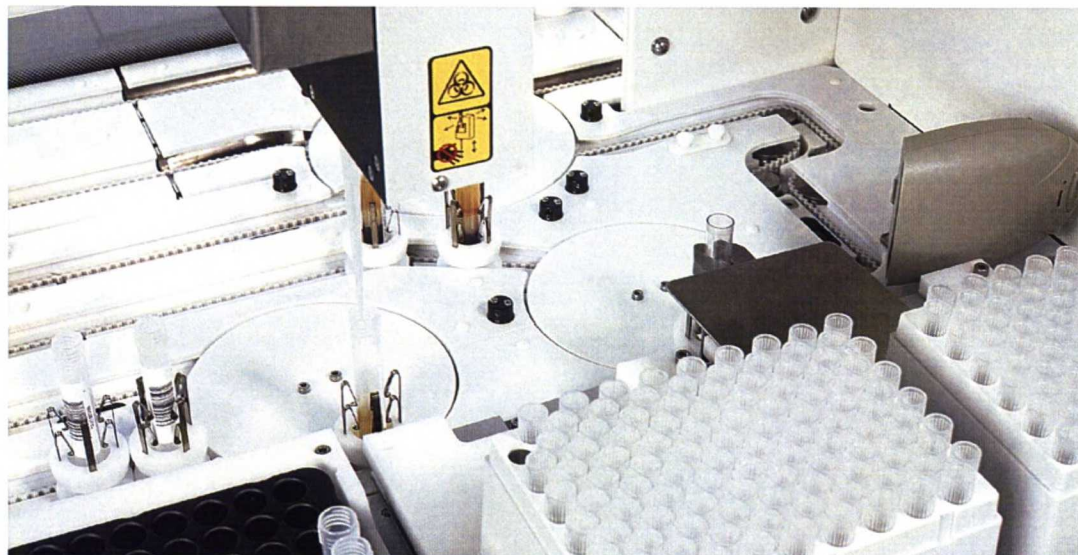
A Thermo Electron business

**Thermo**Clinical Labsystems

The Aliquoter/Labeler Module makes aliquots from a primary sample tube to secondary tubes. Secondary tubes are automatically labeled in the same module after which they can be routed to the Exit module to be sorted into different types of output racks. The secondary tubes can also be routed directly to different analyzers connected to the conveyor system. If needed, a Recapper Module\* recaps the tubes.

\*Under development

- The module uses disposable tips and is equipped with level/clot detection.



## Throughput

App. 200 secondary tubes/h

## Secondary Tube Storage

1080 tubes (2 boxes in 3 drawers, 180 tubes in each box)

## Tip Storage

384 pcs of 1 ml tips (2 boxes in 2 drawers, 96 tips in each box)

## Secondary Tubes

13 x 75 mm, screw cap

## Accepted Primary Tubes

13 x 75 mm and/or 13 x 100 mm

## Label Applicator

2500 labels/roll

## Supported Barcodes

Code 39, Code 128, Interleaved 2 of 5 and USS Codabar

## Dimensions

Height	1900 mm
Width	1500 mm
Depth	965 mm
Weight	471 kg

## Power Requirements

100 - 240 V  $\pm$  10%, 50 - 60 Hz  $\pm$  5%

## Operating Conditions

Ambient temperature	15 - 32 °C
Average noise output	<60 dB
Humidity	40 - 85 %, non-condensing
Power consumption	700 W

## Air Supply

Operating pressure	5 bar
Filtration	5 $\mu$ m
Lubrication	non-lube

## Ordering Code

952050

## Consumables

Tips, 1 ml, 4 x 96 tips	952080
Secondary tubes, 13 x 75 mm	
6 x 180 tubes	952081
Labels, 10 rll x 2500	952082
Printer folio for 20 000 labels	952083

Information in this material is subject to change without prior notice.  
7.10.2002

Thermo Clinical Labsystems Ratastie 2 P.O. Box 100 FIN-01621 Vantaa Finland Tel +358 9 802 766



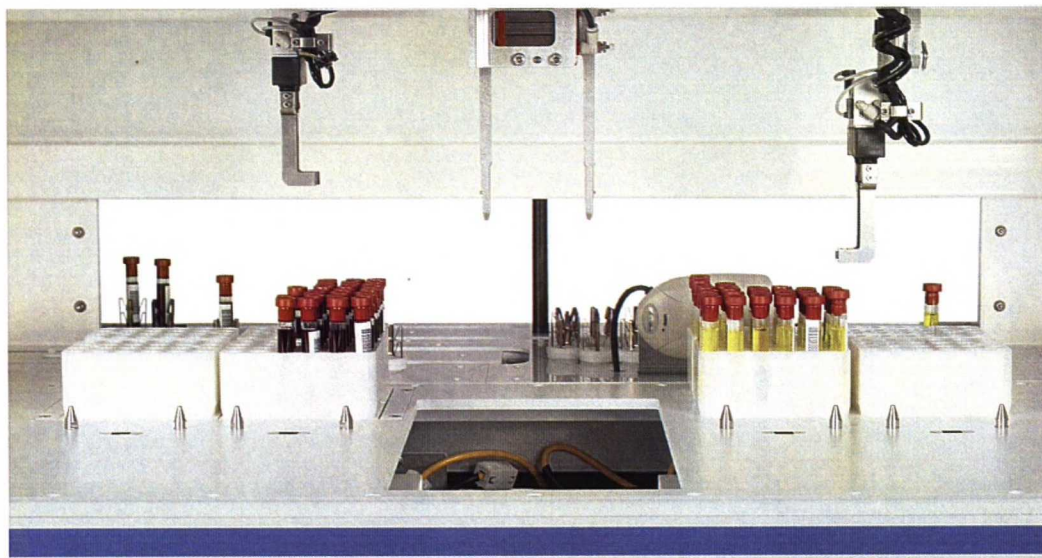
# TCAutomation Centrifuge Module

A Thermo Electron business

**Thermo** Clinical Labsystems

The Centrifuge Module transfers tubes into the centrifuge racks using a robotic arm and an auto-balance feature. The racks are placed (/removed) into the centrifuge using another robotic arm. The third robotic arm simultaneously transfers tubes from removed racks back into multitube carriers to be released to the main conveyor.

- The Centrifuge module works automatically as a part of the pre-analytical system.
- Automatic loading, balancing and unloading.
- User definable timeout parameters for starting the spin regularly and when STAT samples have arrived.



## Throughput

Abt. 400 tubes/h (with 7-minute spin time)

## Centrifuge

Hettich Rotanta 46 RSC

## Centrifuge Tube Capacity

4 x 24 tubes/load

## Accepted Tube Dimensions

13 x 75 mm and/or 13 x 100 mm

## Supported Barcodes

Code 39, Code 128, Interleaved 2 of 5 and USS Codabar

## Dimensions

Height	1900 mm
Width	1200 mm
Depth	790 mm (1200 mm with the Centrifuge)
Weight	332 kg
- Hettich Rotanta	148 kg

## Power Requirements

100 - 240 V  $\pm$  10%, 50 - 60 Hz  $\pm$  5%

## Operating Conditions

Ambient temperature	15 - 32 °C
Average noise output	<60 dB
Humidity	40 - 85 %, non-condensing
Power consumption	300 W
- Hettich Rotanta	1500 W

## Air Supply

Operating pressure	5 bar
Filtration	5 $\mu$ m
Lubrication	non-lube

## Ordering Code

952 040	Centrifuge Module
952 042	Hettich Rotanta 46 RSC

Information in this material is subject to change without prior notice  
15.10.2002

Thermo Clinical Labsystems Ratastie 2 P.O.Box 100 FIN-01621 Vantaa Finland Tel +358 9 802 766



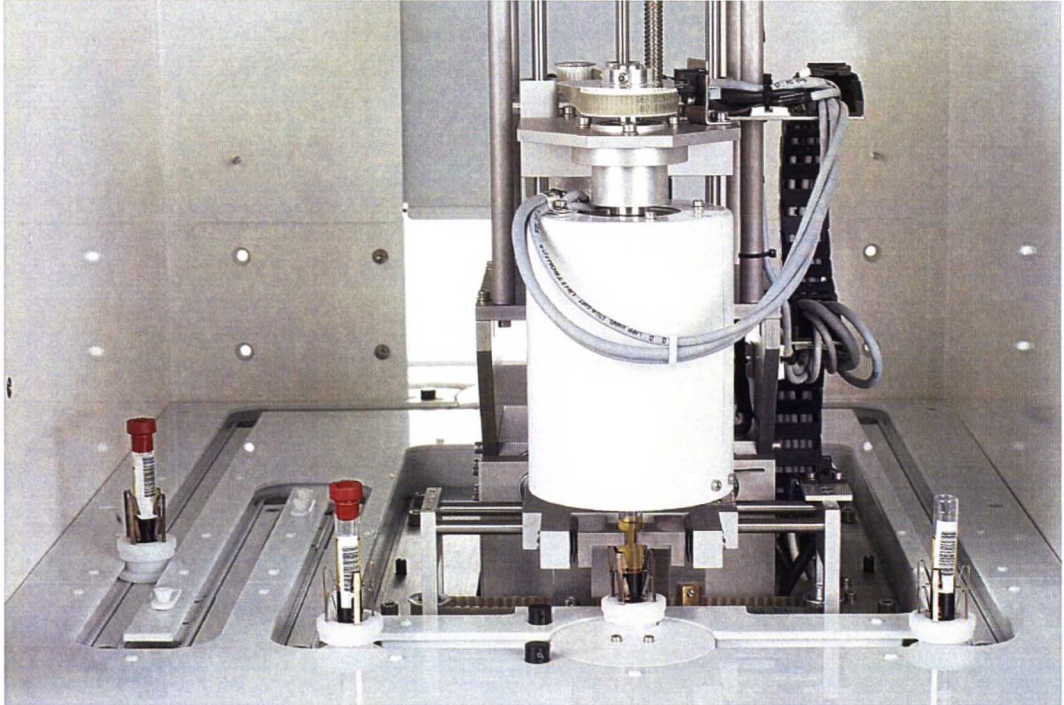
# TCAutomation Decapper Module

A Thermo Electron business

**Thermo**Clinical Labsystems

The Decapper Module is used for automatic cap removal of traditional rubber or screw caps. The tube is fixed and centered with a gripper. The caps are removed by rotating counterclockwise. After that they are dropped to a waste container.

- The Decapper works automatically as a part of the pre-analytical system.
- The user has only to empty the waste container before starting the daily operation.



## Throughput

500 tubes/h

## Power Requirements

100 - 240 V  $\pm$  10%, 50 - 60 Hz  $\pm$  5%

## Accepted Tube Dimensions

From 11 mm x 75 mm to 16 x 100 mm, one tube type with two different heights at a time (Bd Vacutainer<sup>®</sup>, Greiner Vacuette<sup>®</sup>, Terumo Venoject I<sup>®</sup>, Sarstedt Monovette<sup>®</sup>)

## Operating Conditions

Ambient temperature	15 - 32 °C
Average noise output	<60 dB
Humidity	40 - 85 %
Power consumption	300 W

## Dimensions

Height	1600 mm
Width	600 mm
Depth	790 mm
Weight	202 kg

## Air Supply

Operating pressure	5 bar
Filtration	5 $\mu$ m
Lubrication	non-lube

## Ordering Code

952 035

Information in this material is subject to change without prior notice.  
7.10.2002

Thermo Clinical Labsystems Ratastie 2 P.O.Box 100 FIN-01621 Vantaa Finland Tel +358 9 802 766



# TCAutomation Bypass Modules

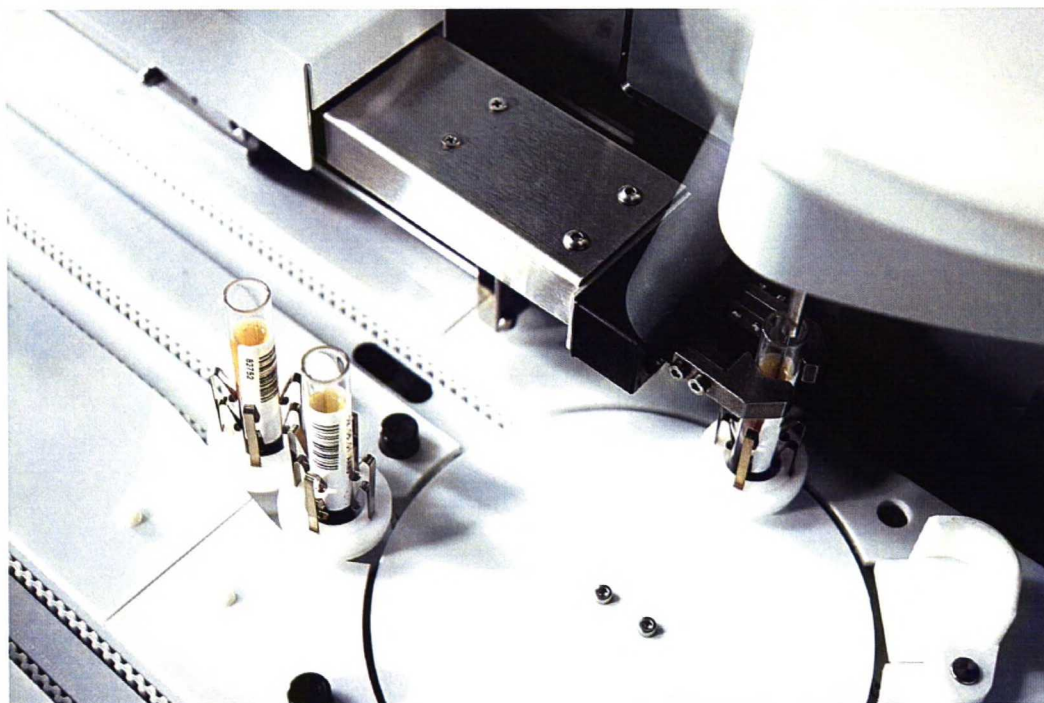
A Thermo Electron business

**Thermo** Clinical Labsystems

The Bypass Modules are "docking stations" for analyzers that can dispense directly from the conveyor system. Tubes are directed from the main conveyor to the bypass module where they are stopped and fixed with a gripper on dispensing position. After the analyzer has finished sampling, tubes are released back to the main conveyor.

• Possibility to let STAT samples always bypass routine samples in the queue.

Rack based bypass modules are available for analyzers that require a robotic transfer of a sample tube into the analyzer racks.



## Tube Capacity/Module

Max 60 tubes (user definable)

## Accepted Tube Dimensions

From 11 x 75 mm to 16 x 100 mm

## Dimensions

### Parallel

Height	1150 mm
Width back	600 mm
Width front	450 mm
Depth	474 mm
Weight	118 kg

### Perpendicular

Height	1150 mm
Width back	600 mm
Width front	350 mm
Depth	790 mm
Weight	118 kg

## Power Requirements

100 - 240 V  $\pm$  10%, 50 - 60 Hz  $\pm$  5%

## Operating Conditions

Ambient temperature	15 - 32 °C
Average noise output	<55 dB
Humidity	40 - 85 %, non-condensing
Power consumption	150 W

## Ordering Code

Please ask for the ordering codes for specific analyzers.

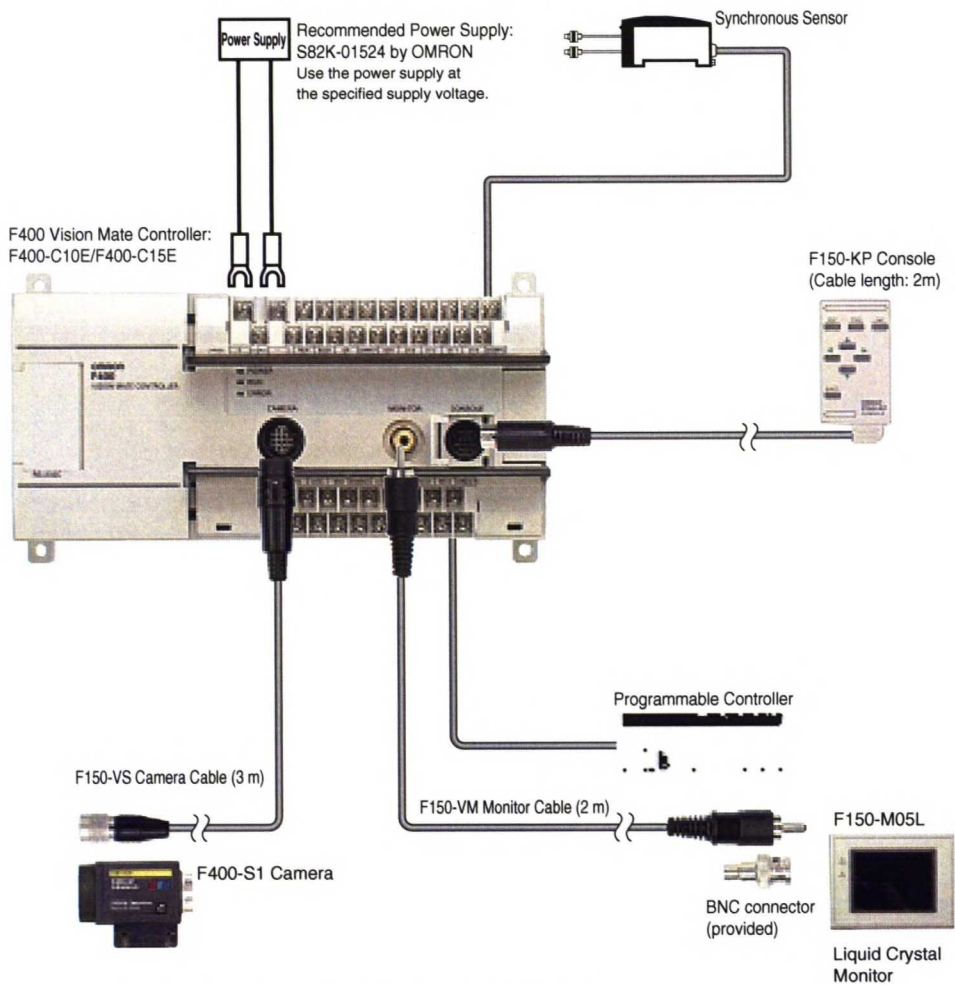
Information in this material is subject to change without prior notice.

Thermo Clinical Labsystems Ratastie 2 P.O.Box 100 FIN-01621 Vantaa Finland Tel +358 9 802 766

## **Liite B**

Seuraavilla sivuilla työssä käytetyn konenäköjärjestelmän, Omron F400 Color Vision Sensor, konfiguraatio ja spesifikaatit.

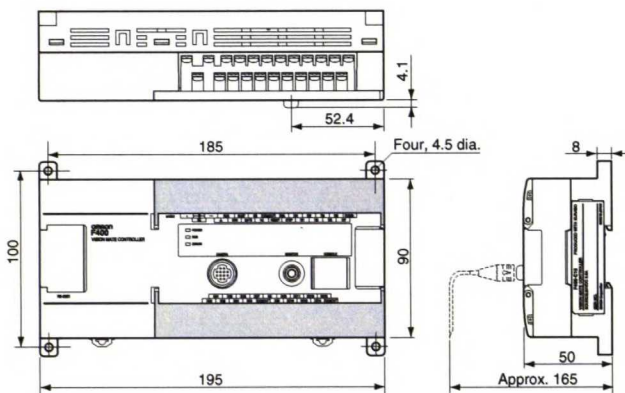
# System Configuration



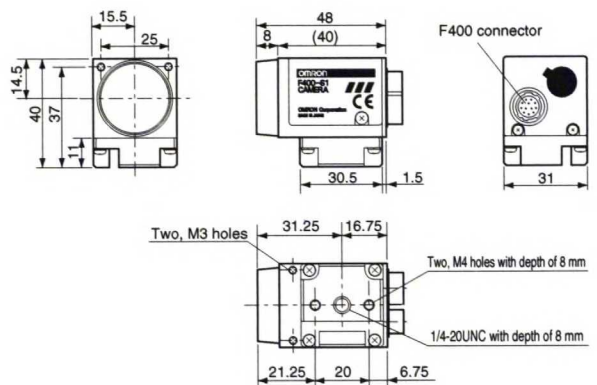
# Dimensions

Unit: mm

## F400 Vision Mate Controller: F400-C10E/F400-C15E



## ● Camera: F400-S1





# Specifications

## ● F400 Vision Mate Controller: F400-C10E/F400-C15E

Item	Specification	
	Color pickup	Colorgray/RGB filters
Number of connectable cameras	1	
Number of pixels	512 x 484 (H x V)	
Number of scenes	16	
Image memory function	Maximum of 16 images (filtered monochrome images) stored	
Operation method	Color pickup or color filtering (selectable)	
Processing method	Extraction of 8 colors max.	Images at 256 gradations Gray, red, green, blue, colorgray filters (selectable)
Filtering	—	Smoothing, enhance edges, all edges, and background suppression.
Number of binary levels	—	256 levels per region
Position compensation	Compensating directions: X, Y, and $\theta$ directions Detection mode: Binary gravity/Axis angle, search (1 model, 2 models), and edge position (1 region, 2 regions)	
Number of regions	16 per scene	
Measurement data	Binary area, center of gravity, axis angle, correlation, search position, and edge position	Binary area, center of gravity, axis angle, gradation correlation, search position, edge position, scratch or dirt (degree of defect)
Operation function	Arithmetic operation, distance, angle, square root, maximum value, and minimum value	
Criteria result output	Overall judgment, judgment of operation results per region, and measurement and operation data	
Monitor interface	1 channel (pin-jack over-scan monitoring compatible)	
RS-232C interface	1 channel (D-sub 9-pin female)	
Parallel I/O	11 inputs and 21 outputs including control I/O points	
Input/Output Type	F400-C10E: NPN, F400-C15E: PNP	
Power supply voltage	24 VDC +10%/-15%	
Current consumption	0.6 A max.	
Ambient operating temperature and humidity	0°C to 50°C (with no condensation) 35% to 85% (with no condensation)	
Weight	Approx. 600 g	

## ● Camera: F400-S1

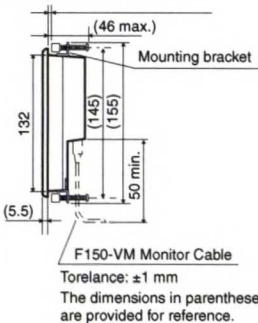
Item	Specification
Picture element	1/3" color CCD
Effective pixels	659 x 494 (H x V)
Shutter speed	Electronic shutter, 1/100, 1/500, 1/2000, or 1/10000 s (menu-selectable)
Lens mounting	C mount
Ambient operating temperature and humidity	0°C to 50°C (with no condensation) 35% to 85% (with no condensation)
Weight	Approx. 70 g (without mounting base)

## ● Monitor: F150-M05L

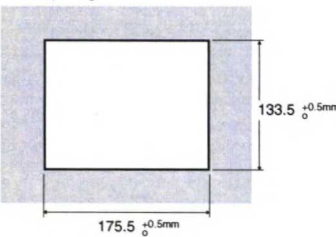
Item	Specification
Size	5.5 inches; 111.36 x 83.52 mm (H x V)
Type	Liquid crystal color TFT
Resolution	320 x 240 dots
Input signals	NTSC composite video (1.0 V/75 termination)
Power supply voltage	20.4 to 26.4 VDC (including ripple)
Current/Power consumption	Approx. 700 mA max.
Ambient temperature	Operating: 0 to 50 °C; storage: -25 to +65 °C (with no icing or condensation)
Ambient humidity	Operating or storage: 35% to 85% (with no condensation)
Weight (Monitor only)	Approx. 1 kg
Accessories	Instructions manual (one), mounting brackets (four)

## ● Monitor: F150-M05L

Mounting plate thickness: 1.6 to 4.8



Panel opening dimensions

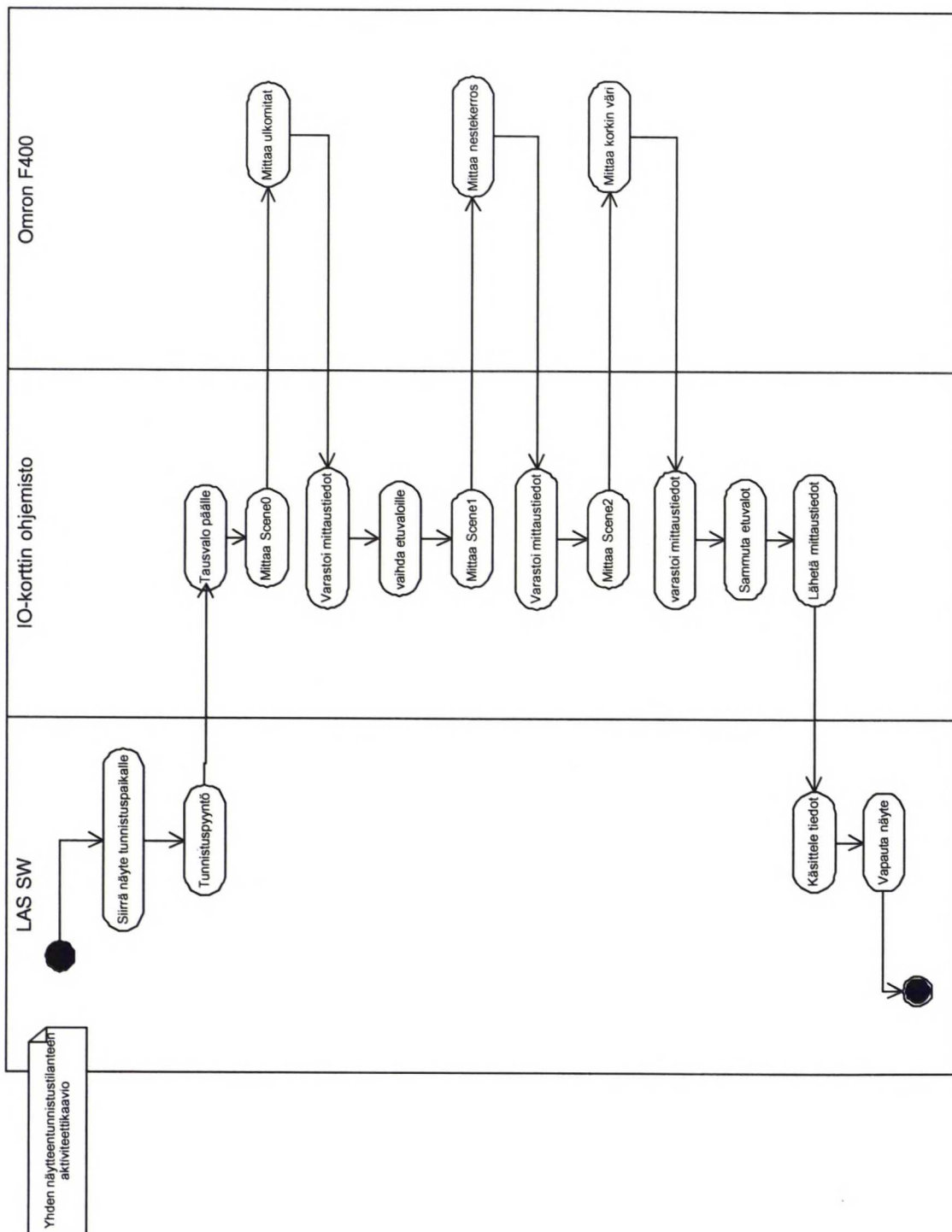


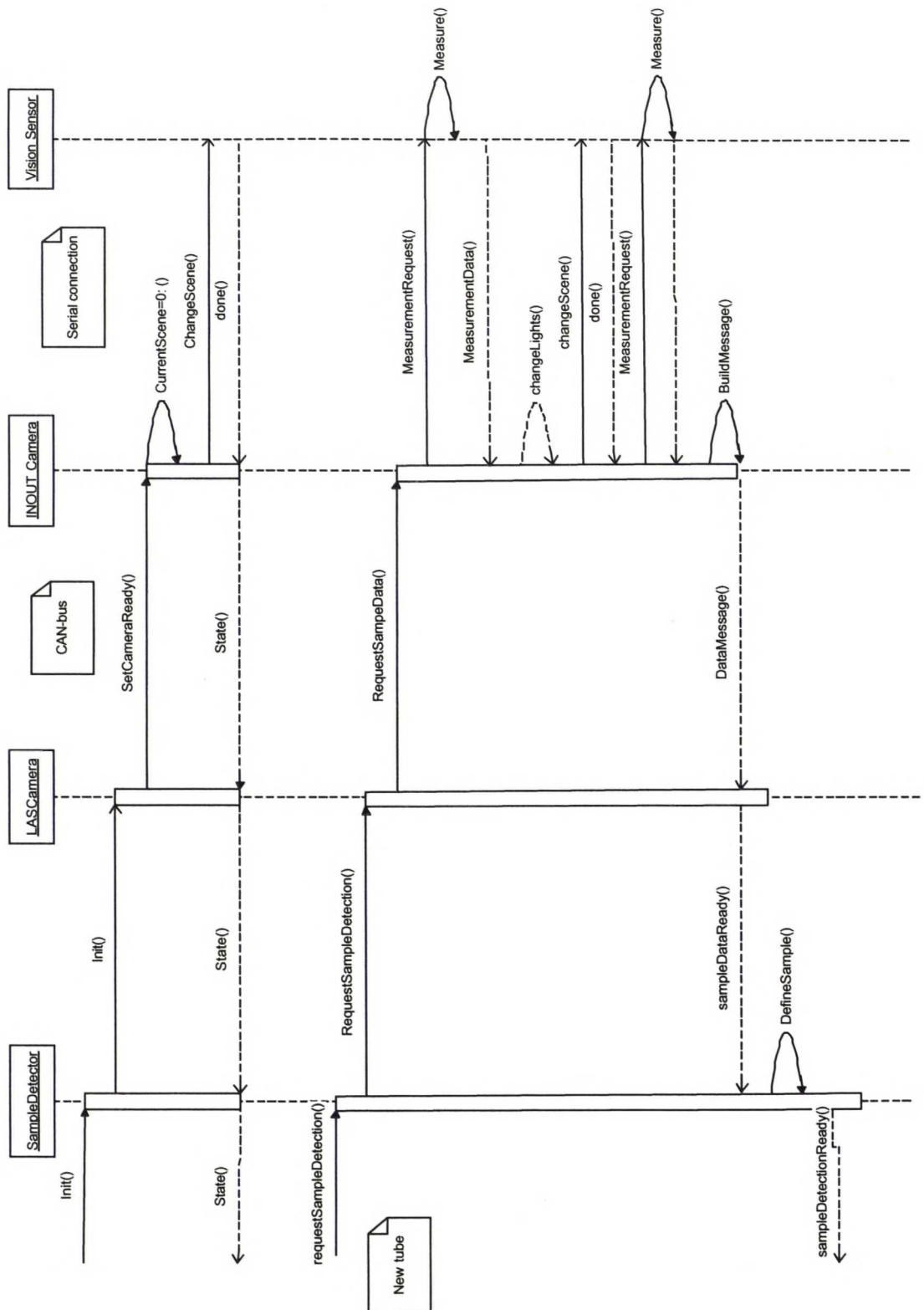


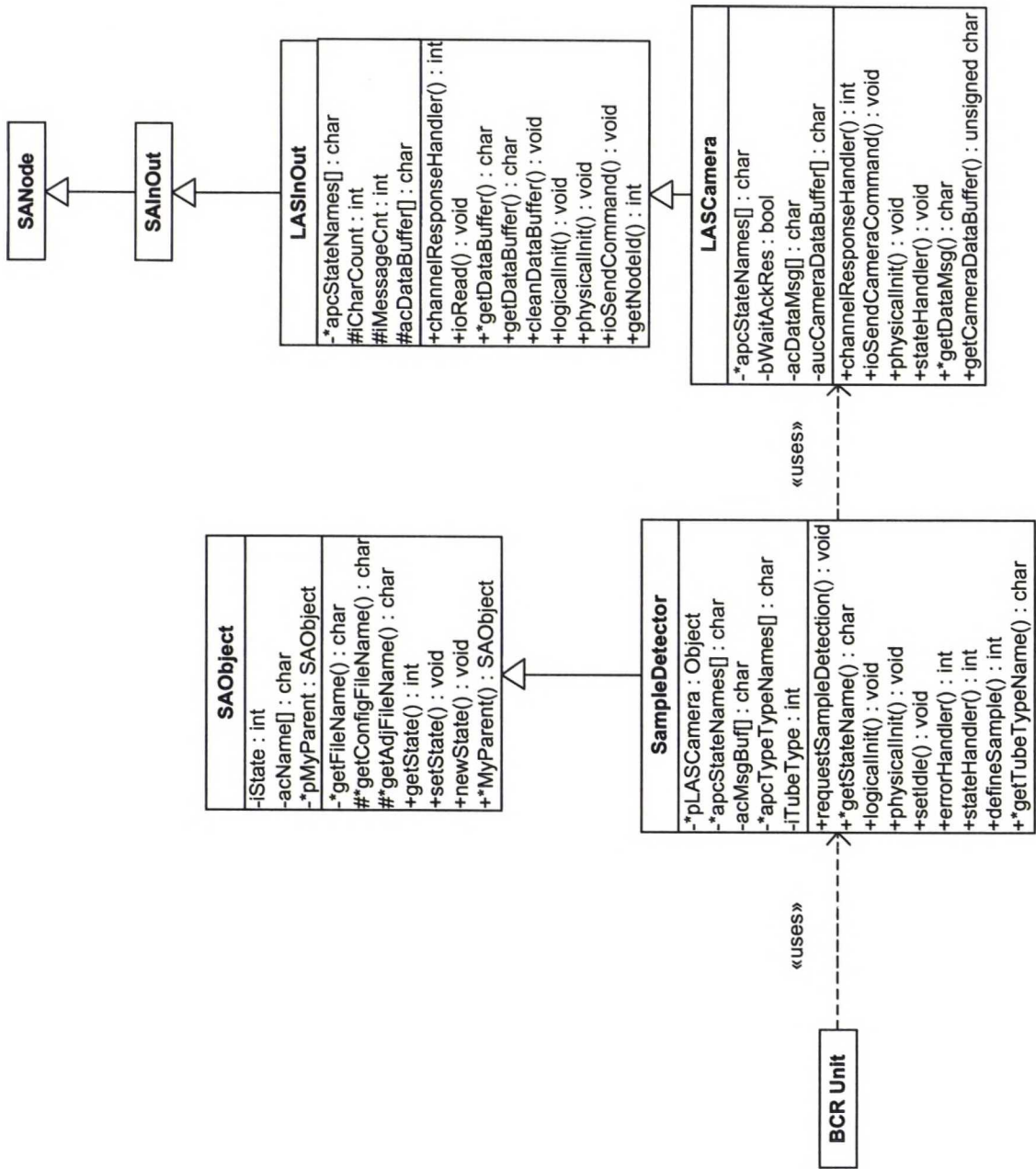
## **Liite C**

Seuraavilla sivuilla on työssä esitetyn sovelluksen ohjelmistokaavioita. Kaaviot järjestyksessä:

- Yhden tunnistustilanteen aktiviteettikaavio
- Yhden tunnistustilanteen sekvenssikaavio
- Sovelluksen LAS-ohjelmiston osan luokkakaavio









Liite D

TCL:n automaation demolinjasto 15.8.2001

